高等学校における教科指導の充実

理　科
《 化学領域 》

# 「化学基礎」における指導事例

栃木県総合教育センター
平成24年３月

# ま　え　が　き

21世紀は、新しい知識・情報・技術が、政治・経済・文化をはじめ社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す、いわゆる「知識基盤社会」の時代であると言われています。そのような時代を生きるために、確かな学力、豊かな心、健やかな体の調和を重視する「生きる力」をはぐくむことがますます重要になっています。他方、各種の国際的な調査では、我が国の児童生徒について、思考力・判断力・表現力等、知識・技能の活用、学習意欲、学習習慣・生活習慣などに課題があると分析されました。このような状況を踏まえて、平成20年１月の中央教育審議会の答申を受け、平成21年３月に高等学校学習指導要領が告示されました。

この新しい学習指導要領は、高等学校では平成25年度入学生から年次進行で実施されます。総則の一部、総合的な学習の時間及び特別活動においては、平成22年度から先行して実施されています。また、数学、理科及び理数の各教科・科目については、平成24年度入学生から年次進行により先行して実施されます。各学校においては、新しい学習指導要領の理念をどのように実現していくのか、具体的な検討を進めていることと思います。

栃木県総合教育センターでは、基礎・基本の確実な定着を図る教科指導の在り方について研究するとともに、その成果を普及することで生徒の学力の向上に資することを目的に、平成17年度から「高等学校における教科指導の充実に関する調査研究」を行ってきました。今年度は、昨年度に引き続き、「今回の学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各教科に求められている課題の解決を図るための教科指導の在り方を探る」ことに重点を置き、国語科、地理歴史科、理科、保健体育科、商業科で調査研究に取り組みました。本冊子はその成果をまとめたものであり、教科指導を充実させる一助として、御活用いただければ幸いです。

最後に、調査研究を進めるに当たり、御協力いただきました研究協力委員の方々に深く感謝申し上げます。

平成24年３月

栃木県総合教育センター所長
瓦　井　千　尋

**理科《化学領域》**

# 「化学基礎」の指導事例

## 目　次



---

※本資料は、栃木県総合教育センターのホームページ「とちぎ学びの杜」内、「調査研究」と「教材研究のひろば」のコーナーにも掲載しています。

（「とちぎ学びの杜」 http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/）

## １　本調査研究の背景と概要

### Ⅰ　本調査研究の背景

今年度の「高等学校における教科指導の充実に関する調査研究」は、平成21年告示の高等学校学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各教科に求められている課題の解決を図るための教科指導の在り方を探ることに重点を置き、国語科、地理歴史科、理科、保健体育科、商業科で実施するものである。

各教科で調査研究した内容を次章以降に提示するに当たり、まず、平成21年告示の高等学校学習指導要領改訂の基本的な考え方、教育内容の主な改善事項及び学習評価の基本的な考え方について整理する。

#### （１）学習指導要領改訂の基本的な考え方

平成21年告示の高等学校学習指導要領の改訂では、21世紀を生きる子どもたちの教育の充実を図るため、「生きる力」をはぐくむという教育課程の基準全体の見直しを図った。今回の改善の方向性は、平成20年１月の中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」に示されている。答申では、以下の①～⑦を基本的な考え方として、各学校段階や各教科等にわたる学習指導要領の改善の方向性が示された。

①　改正教育基本法等を踏まえた学習指導要領改訂
②　「生きる力」という理念の共有
③　基礎的・基本的な知識・技能の習得
④　思考力・判断力・表現力等の育成
⑤　確かな学力を確立するために必要な授業時数の確保
⑥　学習意欲の向上や学習習慣の確立
⑦　豊かな心や健やかな体の育成のための指導の充実

具体的には、①については、教育基本法が約60年振りに改正され、21世紀を切り拓（ひら）く心豊かでたくましい日本人の育成を目指すという観点から、これからの教育の新しい理念が定められたことや学校教育法において教育基本法改正を受けて、新たに義務教育の目標が規定されるとともに、各学校段階の目的・目標規定が改正されたことを十分に踏まえた学習指導要領改訂であることを求めた。③については、読み・書き・計算などの基礎的・基本的な知識・技能は、例えば、小学校低・中学年では体験的な理解や繰り返し学習を重視するなど、発達の段階に応じて徹底して習得させ、学習の基盤を構築していくことが大切との提言がなされた。この基盤の上に、④の思考力・判断力・表現力等をはぐくむために、観察・実験、レポートの作成、論述など、知識・技能の活用を図る学習活動を発達の段階に応じて充実させるとともに、これらの学習活動の基盤となる言語に関する能力の育成のために、小学校低・中学年の国語科において音読・暗唱、漢字の読み書きなど基本的な力を定着させた上で、各教科等において、記録、要約、説明、論述といった学習活動に取り組む必要があると指摘した。また、⑦の豊かな心や健やかな体の育成のための指導の充実については、徳育や体育の充実のほか、国語をはじめとする言語に関する能力の重視や体験活動の充実により、他者、社会、自然・環境とかかわる中で、これらとともに生きる自分への自信をもたせる必要があるとの提言がなされた。

また、高等学校の教育課程の枠組みについては、高校生の興味・関心や進路等の多様性を踏まえ、

必要最低限の知識・技能と教養を確保するという「共通性」と、学校の裁量や生徒の選択の幅の拡大という「多様性」とのバランスに配慮して改善を図る必要があることが示された。

### （２）　教育内容の主な改善事項

平成21年告示の高等学校学習指導要領における教育内容の主な改善事項は以下のようである。

●言語活動の充実
・国語をはじめ各教科等で批評、論述、討論などの学習を充実した。

●理数教育の充実
・遺伝など、近年の新しい科学的知見等を踏まえ内容を充実し、統計に関する内容を数学Ｉに導入した。
・日常生活や社会との関連を重視した改善を図った。
・数学Ｉに〔課題学習〕を導入したり、科目「理科課題研究」を新設したりするなど、知識・技能を活用する学習や探究する学習を重視した。

●伝統や文化に関する教育の充実
・歴史教育（世界史における日本史の扱い、文化の学習を充実)、宗教に関する学習を充実した。
・古典（国語)、武道（保健体育)、伝統音楽（芸術「音楽」)、美術文化（芸術「美術」)、衣食住の歴史や文化（家庭）に関する学習を充実した。

●道徳教育の充実
・学校の教育活動全体を通じて行う道徳教育について、その全体計画を作成することを新たに規定した。
・現代社会や特別活動において人間としての在り方生き方に関する学習を充実した。

●体験活動の充実
・ボランティア活動などの社会奉仕、就業体験を充実するとともに、職業教育において、産業現場等における長期間の実習を取り入れることを明記した。

●外国語教育の充実
・指導する単語数を増加するとともに、授業を実際のコミュニケーションの場とするという観点から、授業は英語で指導することを基本とするなどの改善を図った。

●職業に関する教科・科目の改善
・職業人としての規範意識や倫理観、技術の進展や環境等への配慮、地域産業を担う人材の育成等､各種産業で求められる知識・技術等を身に付けさせる観点から科目構成や内容を改善した。

### （３）　学習評価の基本的な考え方

現在、高等学校においては、学習状況を分析的にとらえる観点別学習状況の評価と総括的にとらえる評定とを、学習指導要領に定める目標に準拠した評価として実施している。小・中学校において観点別学習状況の評価が定着していることから、高等学校段階においても、学習評価の前提となる指導と評価の計画や、観点に対応した生徒一人一人の学習状況を生徒や保護者に適切に伝えていくなど、学習評価の一層の改善が求められている。

このようなことから、高等学校においても、学校教育法や平成21年告示の高等学校学習指導要領を踏まえ、基礎的・基本的な知識・技能に加え、思考力・判断力・表現力等主体的に学習に取り組む態度に関する観点についても評価を行うなど、観点別学習状況の評価の実施を推進し、きめの細かい学習指導と生徒一人一人の学習の確実な定着を図っていく必要がある。なお、高等学校における教科・科目の評価の観点は、小・中学校との連続性に配慮しつつ、平成21年告示の高等学校学習指導要領の趣旨を踏まえ、生徒の実態に合わせて設定することが適当である。

また、学習評価は、生徒の学習状況を検証し、結果の面から教育水準の維持向上を保障する機能を有するものである。したがって、学校が地域や生徒の実態を踏まえて設定した観点別学習状況の評価規準や評価方法等を明示するとともに、それらに基づき学校において適切な評価を行うことなどにより、高等学校教育の質の保障を図るものである。

平成21年告示の高等学校学習指導要領における評価の観点は、以下の囲みのように整理される。「知識・理解」及び「技能」については、教科の特性に応じ、知識と技能に関する観点が分けて示されていることもある。また、「思考・判断・表現」については、各教科の目標や内容を踏まえ、当該教科において育成すべき能力にふさわしい名称とし、位置付けられている。

●　「関心・意欲・態度」

各教科が対象としている学習内容に関心をもち、自ら課題に取り組もうとする意欲や態度を児童生徒が身に付けているかどうかを評価するもの。評価に当たっては、各教科が対象としている学習内容に対する児童生徒の取組状況を通じて評価することが基本であり、例えば、授業中の挙手や発言の回数といった表面的な状況のみに着目することにならないよう留意する必要がある。

●　「思考・判断・表現」

各教科の知識・技能を活用して課題を解決すること等のために必要な思考力・判断力・表現力等を児童生徒が身に付けているかどうかを評価するもの。従来の「思考・判断」に「表現」が加えられた。これは、この観点に係る学習評価を、言語活動を中心とした表現に係る活動や児童生徒の作品等と一体的に行うことを明確に示したためである。

このため、この観点を評価するに当たっては、単に文章、表や図に整理して記録するという表面的な現象を評価するものではなく、例えば、自ら取り組む課題を多面的に考察しているか、観察・実験の分析や解釈を通じ規則性を見いだしているかなど、基礎的・基本的な知識・技能を活用しつつ、各教科の内容等に即して思考・判断したことを、記録、要約、説明、論述、討論といった言語活動等を通じて評価するものであることに留意する必要がある。

● 「技能」
各教科において習得すべき技能を児童生徒が身に付けているかどうかを評価するもの。基本的には、従来の「技能・表現」で評価している内容は引き続き「技能」で評価する。
今回、各教科の内容に即して思考・判断したことを、その内容を表現する活動と一体的に評価する観点として「思考・判断・表現」が設定されたことから、当該観点における「表現」との混同を避けるため、評価の観点の名称が「技能・表現」から「技能」に改められた。

● 「知識・理解」
各教科において習得すべき知識や重要な概念等を児童生徒が理解しているかどうかを評価するもの。従来の「知識・理解」の趣旨を踏まえた評価を引き続き行う。

また、評価の在り方については、「高等学校学習指導要領解説　総則編」で、次のように述べられている。

〈第３章　５　(12)　指導の評価と改善（第１章第５款の５の（12））〉
基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図るとともに，これらを活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等を育成し,学習意欲を高めるための指導を行うためには,評価の在り方が大切である。いわゆる評価のための評価に終わることなく，生徒一人一人の学習の成立を促すための評価という視点を一層重視することによって,教師が自らの指導を振り返り,指導の改善に生かしていくことが特に大切である。
評価に当たっては，生徒の実態に応じた多様な学習を促すことを通して，主体的な学習の仕方が身に付くように配慮するとともに，生徒の学習意欲を喚起するようにすることが大切である。その際には，学習の成果だけでなく，学習の過程を一層重視する必要がある。特に，他者との比較ではなく生徒一人一人の持つよい点や可能性などの多様な側面，進歩の様子などを把握し，学年や学期にわたって生徒がどれだけ成長したかという視点を大切にすることが重要である。また,生徒が自らの学習過程を振り返り，新たな自分の目標や課題をもって学習を進めていけるような評価を行うことが大切である。

学習評価においては、生徒のよい点や進捗の状況などを積極的に評価するとともに、指導の過程や成果を評価し、教師が自らの指導の改善を行い、生徒の学習意欲の向上に生かすようにすることが大切である。そのためにも、「関心・意欲・態度」、「思考・判断・表現」、「技能」、「知識・理解」の４観点の趣旨を踏まえ、適切に評価を進めていくことが求められる。

以上の学習指導要領改訂の趣旨や学習評価の考え方を踏まえ、平成23年度より先行実施される理科の、科目「化学基礎」において有効と思われる指導事例に関して調査研究を行った。

## Ⅱ　本調査研究の概要

新学習指導要領の科目「化学基礎」と現行の学習指導要領の科目「化学Ⅰ」は、ともに、中学校理科との関連を考慮しながら化学の基本的な概念の形成を図ることを一つの柱とする科目である。両者の違いを確認すると、科目「化学Ⅰ」から標準単位数が１単位減少した科目「化学基礎」では、「無機物質」や「有機化合物」が独立した単元として内容に含まれず、「反応熱」も扱わない。また、これまで小単元「酸化と還元」で扱っていた「電池」や「電気分解」については、日常生活や社会とのかかわりの例として、それぞれの基本的な原理を扱う程度となっている。一方で、化学の学習を進める上でのガイダンスの機能をもった小単元「化学と人間生活とのかかわり」の内容を充実させ、その中には、現行の学習指導要領の科目「化学Ⅱ」で扱っていた「プラスチック」や「食品添加物」を日常生活に関連性が高い合成物質として扱うことになっている。また、現行の学習指導要領においては科目「化学Ⅰ」と科目「化学Ⅱ」で分割して扱っていた「熱運動と物質の三態」や「化学結合（分子間力を除く）」を科目「化学基礎」の中で系統的に扱うことになり、科目「化学Ⅰ」と比べ、思考力や探究する力を身に付けることを重視する科目になっているとも言える。ただし、標準単位数が２という限られた時間数で、指導内容をどこまで深く扱い、求められている力をどのように生徒に身に付けさせるかが大きな課題である。

そこで、本調査研究では、まず科目「化学基礎」の年間の指導計画について検討し、生徒が利用するシラバスの形にまとめた。その上で、科目「化学Ⅰ」と指導内容が異なる単元における指導事例及び教材を検討し、研究協力校にて実践した。実践結果を評価し、改善を加えた指導展開例や教材を報告する。本報告書が、各学校における新教育課程への円滑な移行に少しでも役立てば幸いである。

---

※本冊子においては、以降、平成11年３月に告示された学習指導要領を「現行の学習指導要領」、平成21年３月に告示された学習指導要領を「新学習指導要領」として記す。

※本冊子に掲載した単元等に付してある評価規準は、新学習指導要領における教科・科目を想定して、参考として掲載したものである。

## 2　科目「化学基礎」の指導計画例

### Ⅰ　科目「化学基礎」の目標と評価の観点（例）

新学習指導要領に示されている科目「化学基礎」の目標を確認するとともに、新学習指導要領解説に示されている目標に関する解説を基に評価の観点（例）を設定した。

#### １　目標（学習指導要領）

日常生活や社会との関連を図りながら物質とその変化への関心を高め，目的意識をもって観察，実験などを行い，化学的に探究する能力と態度を育てるとともに，化学の基本的な概念や原理・法則を理解させ，科学的な見方や考え方を養う。

#### ２　評価の観点（例）

| (1)関心・意欲・態度 | (2)思考・判断・表現 | (3)観察・実験の技能 | (4)知識・理解 |
|---|---|---|---|
| ・日常生活や社会との関連を図りながら物質とその変化について関心をもち、意欲的に探究しようとしている。<br>・目的意識をもって、生徒自らが見通しをもって主体的に観察、実験などに取り組もうとする。 | ・物質とその変化の中に問題を見いだし、探究する過程を通して、事象を科学的に考察し、導き出した考えを的確に表現している。<br>・物質とその変化を微視的にとらえる見方や考え方を身に付けている。 | ・物質とその変化に関する観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理することができる。<br>・観察、実験を中心に問題を解決していくという探究の過程をたどりながら、科学の方法を習得し、化学的に探究する技能を身に付けている。 | ・物質とその変化について、基本的な概念や原理・法則を、具体的な性質や反応と結び付けて理解し、知識を身に付けている。<br>・物質が様々な場面で人間生活にかかわり、役立っていることや化学の果たす役割を理解し、知識を身に付けている。 |

それぞれの単元（大項目）全体の評価の観点は、上記の「物質とその変化」という語句をそれぞれの単元名（「化学と人間生活」、「物質の構成」、「物質の変化」）に置き換えるだけでも不都合はほとんど生じない。その代わり、小単元ごとに、単元の学習目標と学習内容、及び生徒の実態に合致した細かな評価の観点を設定すべきである。本報告書においても、単元全体の評価の観点（例）はあえて提示せず、小単元（中項目）ごとの観点（例）のみを紹介する。

### Ⅱ　学習指導要領解説で例示している生徒実験と掲載している教科書数

指導計画を立案するために、新学習指導要領解説と出版社５社の教科書を基に、各単元でどのような観察、実験を実施すべきかを検討した。そして、科目「化学基礎」で扱う観察、実験及び探究活動として、学習指導要領解説に例示されているものをp.７～p.８の表にまとめた。一方、出版社５社、計12種類の教科書について、掲載している観察、実験及び探究活動を整理・分類し、学習指導要領解説に例示されている実験を掲載している教科書数をまとめ、該当する欄に記した。さらに、学習指導要領解説に例示されていないが、掲載数が多い実験についても表に加えた。

また、表の備考の欄では、次章で紹介するシラバス（例）の中で扱う予定の実験について、生徒実験として実施を想定しているものを【実】の表記で、演示実験として実施を想定しているものを【演】

の表記で、探究活動として実施を想定しているものを【探】の表記で示している。

| 単元 | ○学習指導要領解説に例示されている実験及び探究活動<br>○*学習指導要領解説には例示されていないが、掲載している教科書数が５以上の実験（斜字体で示す）* | 該当実験の掲載教科書数 | 備考 |
|---|---|---|---|
| （１）化学と人間生活 | | | |
| ア　化学と人間生活とのかかわり | | | |
| （ア）人間生活の中の化学 | ①炭素粉末やプラスチック片による酸化銅(Ⅱ)の還元 | 4 | 【演】 |
| | ②テルミット反応 | 3 | |
| | ③ペットボトルからポリエステルの繊維をつくる実験 | 2 | 【実】 |
| | *④プラスチックの性質を調べる実験* | 5 | 【実】 |
| （イ）化学とその役割 | ①水道水中の遊離残留塩素濃度測定 | 4 | |
| イ　物質の探究 | | | |
| （ア）単体・化合物・混合物 | ①クロマトグラフィーによる色素の分離 | 8 | |
| | ②炎色反応による成分元素の検出 | 2 | 【演】 |
| | *③ろ過、蒸留、再結晶による混合物の分離* | １５ | 【実】 |
| | *④大理石や炭酸水素ナトリウム等の成分元素の検出* | 6 | 【探】 |
| （イ）熱運動と物質の三態 | ①注射器などの容積変化が可能な容器に閉じこめた気体を加熱・冷却する実験 | 7 | |
| | *②分子の熱運動の観察（拡散の観察）* | 6 | 【実】 |
| ウ　化学と人間生活に関する探究活動 | | | |
| | ①鉄やアルミニウムの精錬法の歴史に関する調査 | 4 | |
| | ②市販の飲料や食品に含まれるアスコルビン酸の検出 | 0 | |
| | ③生活排水や河川水のＣＯＤ（化学的酸素要求量)、陰イオン界面活性剤濃度の簡易測定 | 5 | 【実】 |
| （２）物質の構成 | | | |
| ア　物質の構成粒子 | | | |
| （ア）原子の構造 | | | |
| （イ）電子配置と周期表 | ①アルカリ金属の性質に関する実験 | 8 注1) | 【実】 |
| イ　物質と化学結合 | | | |
| （ア）イオンとイオン結合 | ①アルカリ金属やアルカリ土類金属などの炎色反応の実験 | 8 注1) | |
| | ②水溶液や融解塩の電気伝導性を調べる実験 | １１ | 【演】 |
| （イ）金属と金属結合 | *①金属の性質を調べる実験* | 6 | |
| （ウ）分子と共有結合 | ①水素や酸素、アンモニアなどの気体を発生させ、その性質を調べる実験 | 5 | |
| | ②物質の極性と溶解性との関係を調べる実験 | 7 | 【演】 |
| ウ　物質の構成に関する探究活動 | | | |
| | ①元素や周期律の発見の歴史に関する調査 | 7 | |
| | ②様々な分子模型を組み立てて、分子の構造と性質について探究する活動 | 5 | 【実】 |
| | ③結合様式の異なる物質の性質の違いについての比較実験 | 9 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| （３）物質の変化 | | | |
| ア　物質量と化学反応式 | | | |
| （ア）物質量 | ①分子量既知の気体との比較により気体の分子量を求める実験 | １１ | 【演】 |
| | ②水溶液を調製し、モル濃度と質量パーセント濃度との関係を求める実験 | ４ | 【実】 |
| （イ）化学反応式 | ①金属と酸の反応における量的関係を調べる実験 | ４ | |
| イ　化学反応 | | | |
| （ア）酸・塩基と中和 | ①身近な物質や塩の水溶液のｐＨ測定 | １２ | 【実】 |
| | ②中和滴定 | １２注2） | 【実】 |
| （イ）酸化と還元 | ①代表的な酸化剤と還元剤の反応の実験 | ９ | 【実】 |
| | ②金属樹の実験 | ４ | 【演】 |
| | *③金属のイオン化傾向を調べる実験* | ８ | 【実】 |
| | *④二酸化炭素とマグネシウムとの反応の観察* | ５ | |
| ウ　物質の変化に関する探究活動 | | | |
| | ①炭酸カルシウムと塩酸との反応の実験（量的関係） | １２ | 【探】 |
| | ②食酢の中和滴定 | １２注2） | 【実】 |
| | ③硫酸銅(Ⅱ)の電気分解の実験 | ２ | |
| | *④表計算ソフトを利用した滴定曲線の作成* | ５ | 【探】 |
| | *⑤酸化還元滴定* | ５ | 【実】 |

注１）「アルカリ金属の性質に関する実験」と「アルカリ金属やアルカリ土類金属などの炎色反応の実験」は区別することができなかった。したがって、両者を掲載した教科書数は重複して数えた。

注２）掲載されていた「中和滴定」のほとんどが食酢の中和滴定であり、「食酢の中和滴定」と区別せず分類した。したがって、両者を掲載した教科書数は重複して数えた。

現行の学習指導要領解説では具体的な観察、実験の例示をほとんどしていなかったこともあり、今回の改訂で、各出版社の教科書に掲載している実験や探究活動の内容に共通性が多く見られるようになった。一方で、各出版社ともに独自性を盛り込み、新しい内容も加わっていた。また、現行の科目「化学Ｉ」で扱わなかった単元においては、掲載している観察、実験の内容が充実していた。

## Ⅲ　シラバス（例）

p.９～p.12に示す表は、生徒が使用するシラバスとして最低限の情報を列記したものであり、学校の実情や生徒の実態に応じて、具体的な評価方法や自己評価の欄、定期試験の出題範囲、関連する補助教材の内容、単元のキーワードなどが加わることを想定している。シラバスの中で、前章の調査結果を参考にして、実施が望ましいと判断した生徒実験、演示実験及び探究活動を提案する。

なお、教師が使用する具体的な指導・評価計画は別に設定する。本調査研究では、報告事例に関係する単元のみの指導・評価計画（例）を、指導事例ごとに提案する。

**■科目「化学基礎」シラバス例**

| 実施月 | 単元（実施予定時数） | 学習到達目標 | 実施する実験等<br>【実】：生徒実験<br>【演】：演示実験<br>【探】：探究活動 | 評価の観点<br>関心・意欲・態度 | 思考・判断・表現 | 観察・実験の技能 | 知識・理解 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | （１）化学と人間生活 | 〈単元全体の到達目標〉<br>化学と人間生活とのかかわりについて関心が高まり、化学が物質を対象とする科学であることや化学が人間生活に果たしている役割を理解するとともに、観察、実験などを通して物質を探究する方法の基礎を身に付ける。 | | | | | |
| | ア　化学と人間生活とのかかわり | | | | | | |
| | （ア）人間生活の中の化学<br>（４時間） | ・金属とプラスチックを中心に、身の回りにある物質の特性や、これまでどのように利用してきたかを確認する。<br>・プラスチックの成分元素や原料、合成高分子の生成について意欲的に探究する。 | 【実】6,6-ナイロンの合成<br>【演】プラスチックに含まれる原子 | ◎ | | ◎ | ○ |
| | | ・実験方法を計画してプラスチックを識別する。基本的な実験器具の使用方法や安全に試薬を扱う方法を身に付ける。 | 【実】プラスチックの識別<br>【実】プラスチックから繊維の生成 | | ○ | ◎ | |
| | | ・化学の研究成果が人間生活に果たしている役割について考察し、レポート等にまとめる。 | 【演】着色したプラスチックの生成 | ○ | ◎ | | |
| | （イ）化学とその役割<br>（３時間） | ・食品添加物や合成洗剤等の人間生活を豊かにする物質の特徴について整理する。 | 【演】洗剤の洗浄作用 | ○ | | | ◎ |
| 5 | | ・合成洗剤の適切な使用量について探究し、物質の適切で安全な使用方法について考察し、発表する。<br>・日常生活や社会で使われている身近な物質の化学的な働きや化学の役割と課題を確認し、化学への興味・関心を高める。 | 【実】合成洗剤の残留量の測定 | ○ | ◎ | ◎ | |
| | イ　物質の探究 | | | | | | |
| | （ア）単体・化合物・混合物<br>（３時間） | ・混合物と純物質について理解し、混合物の分離の方法を身に付ける。 | 【実】蒸留及びヨウ素の昇華 | | | ◎ | ○ |
| | | ・単体と化合物について理解し、成分元素の確認方法とその原理について理解する。 | 【演】炎色反応 | ○ | | | ◎ |
| | | ・同素体について理解し、実験を通して、硫黄の同素体それぞれの生成方法と性質を確認する。 | 【実】硫黄の同素体 | | ○ | ◎ | |
| | （イ）熱運動と物質の三態<br>（２時間） | ・粒子の熱運動と温度及び物質の三態変化の関係について、微視的に理解する。 | 【実】水の状態変化 | | | ○ | ◎ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | ウ　化学と人間生活に関する探究活動 | | | | | | |
| | （２時間） | ・探究活動を通して、化学的に探究し、レポート等で表現する方法を習得するとともに、単元「化学と人間生活」全体の学習内容を振り返り、自身の理解度を確認する。 | 【実】未知物質の成分元素の検出 | | ◎ | ○ | |
| | （２）物質の構成 | 〈単元全体の到達目標〉<br>原子の構造及び電子配置と周期律との関係を理解する。また、物質の性質について観察、実験などを通して探究し、化学結合と物質の性質との関係を理解し、物質について微視的な見方ができるようにする。 | | | | | |
| | ア　物質の構成粒子 | | | | | | |
| | （ア）原子の構造<br>（２時間） | ・原子の構造及び陽子、中性子、電子の性質を理解し、知識を身に付ける。 | | ○ | | | ◎ |
| | （イ）電子配置と周期表<br>（３時間） | ・電子配置および周期律と周期表の関係について理解し、知識を身に付ける。 | | ○ | | | ◎ |
| | | ・単原子イオンの生成を、電子配置と関連付けて理解し、イオン化エネルギーの周期性を周期表と関連付けて考察する。 | | | ◎ | | ○ |
| 7 | イ　物質と化学結合 | | | | | | |
| | （ア）イオンとイオン結合<br>（２時間） | ・イオン結合及びイオン結合でできた物質の性質を理解し、知識を身に付ける。 | 【演】塩化ナトリウムのへき開と融解<br>【演】水溶液の電離 | ○ | | | ◎ |
| | （イ）金属と金属結合<br>（１時間） | ・金属結合及び金属の性質を理解し、知識を身に付ける。 | | ○ | | | ◎ |
| | （ウ）分子と共有結合<br>（４時間） | ・共有結合を電子配置と関連付けて理解し、知識を身に付ける。 | | | ○ | | ◎ |
| | | ・分子模型を作製して分子や共有結合の結晶の立体構造を調べるとともに、分子の極性について理解し、知識を身に付ける。<br>・配位結合について理解する。 | 【実】分子模型の作製<br>【演】溶体同士の混合 | | ◎ | ◎ | ○ |
| | | ・分子からなる物質及び共有結合の結晶で存在する物質の性質を理解し、知識を身に付ける。 | 【実】炭素の同素体の模型の作製 | | ○ | ◎ | ○ |
| | | *夏季休業* | | | | | |
| 8 | ウ　物質の構成に関する探究活動 | | | | | | |
| | （２時間） | ・探究活動を通して、化学的に探究し、レポート等で表現する方法を習得するとともに、単元「物質の構成」全体の学習内容を振り返り、自身の理解度を確認する。 | 【探】アルカリ金属の性質と元素の周期律 | | ◎ | ○ | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | （３）物質の変化 | 〈単元全体の到達目標〉<br>化学反応の量的関係、酸と塩基の反応及び酸化還元反応について観察、実験などを通して探究し、化学反応に関する基本的な概念や法則を理解するとともに、それらを日常生活や社会と関連付けて考察できるようにする。 | | | | | |
| | ア　物質量と化学反応式 | | | | | | |
| | （ア）物質量<br>（８時間） | ・原子の質量を表す方法とその意義を理解し、原子量、分子量、式量の計算方法を身に付ける。 | | ○ | ◎ | | ○ |
| | | ・物質量及び物質量を利用する意義を理解するとともに、物質量と粒子数、質量、気体の体積との関係を理解し、各量の計算方法を身に付ける。 | 【演】気体の分子量の測定 | | ◎ | | ○ |
| | | ・溶液の濃度（パーセント濃度とモル濃度）の表わし方を理解し、濃度の計算方法を身に付ける。 | | | ◎ | | ○ |
| | | ・水溶液の濃度を正確に調製する技能を身に付けるとともに、濃度の調製に必要な実験器具の名称と使用法を理解し、正しい使用方法を習得する。 | 【実】水溶液の調製 | ○ | | ◎ | ○ |
| 10 | （イ）化学反応式<br>（６時間） | ・化学反応を化学反応式で表現する意義及び原理を理解し、化学反応式の正確な書き方を身に付ける。 | | ○ | ◎ | | ○ |
| | | ・化学反応式を用いて、化学反応における物質の量的関係を考察し、各量を計算できるようにする。 | 【実】気体の発生量の予想と検証 | | ◎ | ◎ | |
| 11 | イ　化学反応 | | | | | | |
| | （ア）酸・塩基と中和<br>（12時間） | ・酸と塩基の定義を理解し、知識を身に付ける。<br>・酸、塩基及び水の電離について適切にとらえ、酸、塩基の強弱と電離度の関係を理解する。 | | ○ | | | ◎ |
| 12 | | ・水素イオン濃度やｐＨの大きさが表す意味を理解し、それらの基本的な計算方法を身に付ける。<br>・ｐＨを試験紙やｐＨ計で適切に測定する技能を習得する。 | 【実】身の回りの水溶液のｐＨ | | ◎ | ◎ | |
| | | ・中和反応を理解し、中和の反応式の正確な書き方を身に付ける。<br>・中和反応で生成する塩の性質を理解する。 | | ○ | | | ◎ |
| | | ・中和の際の酸と塩基の量的関係を理解し、中和滴定での濃度の計算方法を身に付ける。<br>・中和滴定曲線の意味を理解し、概形を描くことができるようにする。<br>・中和滴定を行い、指示薬や器具の名称と使用方法を理解しながら、滴定の技能を身に付ける。 | 【実】中和滴定 | | ◎ | ◎ | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 冬季休業 | | | | | | | |
| 1 | （イ）酸化と還元<br>（14時間） | ・酸化と還元の定義を理解し、酸化と還元が同時に起こることを理解する。<br>・酸化と還元が電子の授受によって説明できるようにする。<br>・酸化数の意味を理解し、その計算方法を身に付ける。<br>・酸化還元反応を酸化数の変化を調べ、酸化された物質と還元された物質を判断することができるようにする。 | 【演】酸化還元反応 | ○ | ◎ | | ○ |
| 2<br>3 | | ・酸化剤と還元剤について理解する。<br>・酸化剤と還元剤の反応を観察し、酸化還元反応のイオン反応式を書くことができるようにする。<br>・酸化還元反応の際の酸化剤と還元剤の量的関係を理解し、酸化還元滴定での濃度の計算方法を身に付ける。<br>・酸化還元滴定を行い、身近な水溶液の濃度を決定することができるようにする。 | 【実】酸化剤と還元剤の反応<br>【実】酸化還元滴定 | | ◎ | ◎ | |
| | | ・金属及び金属の化合物の酸化還元反応について理解する。<br>・数種類の金属についてイオン化傾向の大小関係を調べ、イオン化列をつくる。<br>・酸化還元反応と日常生活や社会とのかかわりについて探究し、レポート等にまとめる。 | 【演】金属樹<br>【実】金属のイオン化傾向<br>【演】電池 | | ◎ | ◎ | |
| | ウ　物質の変化に関する探究活動 | | | | | | |
| | （２時間） | ・探究活動を通して、化学的に探究し、レポート等で表現する方法を習得するとともに、単元「物質の変化」全体の学習内容を振り返り、自身の理解度を確認する。 | 【探】中和に伴うｐＨの変化（中和滴定曲線） | | ◎ | ○ | |

## 3　小単元「化学と人間生活とのかかわり」に関する指導事例

### Ⅰ　科目「化学基礎」の中で扱う小単元「化学と人間生活とのかかわり」について

新学習指導要領に示されているように、この単元を通して、生徒に科目「化学基礎」を学習する意義や目的を確認させたり、化学の役割を理解させたりする必要がある。また、化学的に探究する方法の基礎や安全に実験を行うための基本的な技能を身に付けさせる必要もある。

一方で、この単元で扱う学習内容には、中学校で学習する内容に加えて、現行の学習指導要領の科目「化学Ⅱ」で扱う学習内容までも含まれており、限られた知識、技能、化学的な思考力しか備えていない生徒に対して、化学に対する興味・関心や、化学を学習する意欲を最大限に喚起しなければならない。そのために、全ての単元の中で、最も指導する教師の力量が試される単元であると言っても過言ではない。

本調査研究では、生徒が化学の世界に抵抗なく入っていけるように、生徒が日常生活で利用している物質であるプラスチックや合成洗剤を題材に、スモールステップ・体験型学習で展開する指導法を検討し、実践した。

### Ⅱ　小単元「化学と人間生活とのかかわり」の展開例（指導計画案）

#### 1　単元（大項目）「化学と人間生活」の目標（学習指導要領）

化学と人間生活とのかかわりについて関心を高め，化学が物質を対象とする科学であることや化学が人間生活に果たしている役割を理解させるとともに，観察，実験などを通して物質を探究する方法の基礎を身に付けさせる。

#### 2　小単元（中項目）「化学と人間生活とのかかわり」のねらい（学習指導要領解説より）

化学の研究成果が人間生活に果たしている役割を身近な具体例を通して調べ，物質を対象とする学問である化学の特徴について理解させるとともに，化学への興味・関心を高める。

#### 3　小単元（中項目）「化学と人間生活とのかかわり」の評価の観点（例）

| (1)関心・意欲・態度 | (2)思考・判断・表現 | (3)観察・実験の技能 | (4)知識・理解 |
|---|---|---|---|
| ・化学の研究成果が人間生活に果たしている役割を身近な具体例を通して調べ、化学と人間生活とのかかわりについて関心を高めている。<br><br>・日常生活や社会で使われている身近な物質の化学的な働きや化学の役割と課題を確認し、化学への興味・関心を高めている。 | ・化学の研究成果が人間生活に果たしている役割について考察し、導き出した考えを表現している。<br>・物質を探究する方法の基礎を身に付けている。<br>・日常生活や社会で使われている物質の有効性と危険性の評価に基づいた適切な使用量について考察し、導き出した考えを表現している。 | ・金属やプラスチックの性質を調べる観察、実験を行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。<br><br>・洗剤の性質及び洗濯した衣類の残留洗剤量などを調べる観察、実験を行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。 | ・金属やプラスチックの特性や、それらが様々な化学の研究成果に基づいて製造されていることや再利用されていることを理解し、その知識を身に付けている。<br>・日常生活や社会で使われている物質の化学的な働きや物質を対象とする化学の特徴についてを理解している。 |

### 4　小単元（中項目）「化学と人間生活とのかかわり」の展開（例）

| 時間 | 学習内容 | ねらい〈評価規準〉 | 具体的な学習到達目標 | 評価（評価方法） |
|---|---|---|---|---|
| 1時間 | 人間生活の中の化学<br>【演習】<br>身の回りにあるプラスチックを探そう | ・化学の研究成果が人間生活に果たしている役割を身近な具体例を通して調べ、化学と人間生活とのかかわりについて関心を高めている。<br>〈関心・意欲・態度〉 | ・身の回りにある金属を確認する。<br>・人類の歴史と金属について理解する。<br>・金属の特徴を理解し、その知識を身に付ける。<br>・身の回りにあるプラスチックを確認する。 | ・身の回りにある金属及びプラスチックを積極的に見つけ、それらの特性を確認しようとしている。<br>（行動観察、ノート） |
| 1時間 | 【生徒実験】<br>プラスチックのなかまを作ろう<br>【演示実験】<br>プラスチックに含まれる原子を調べる | ・金属やプラスチックの特性や、それらが様々な化学の研究成果に基づいて製造されていることや再利用されていることを理解し、その知識を身に付けている。<br>〈知識・理解〉 | ・6,6-ナイロンを合成する。<br>・プラスチックと酸化銅(Ⅱ)の反応のようすを観察する。<br>・観察、実験の結果を基に、古くから金属資源を還元・精錬によって利用してきたことやプラスチックが化学的に石油を原料として合成された物質であることを理解する。<br>・金属の製錬技術や金属の使用の歴史について整理する。<br>・プラスチックの性質及び種類について理解し、その知識を身に付ける。 | ・化学反応によってナイロンやプラスチックが合成されることを確認し、身の回りにある様々な物質が化学の研究成果に基づいてつくられていることを理解し、その知識を身に付けている。<br>（実験レポート、<br>授業評価シート） |
| 1時間 | 【生徒実験】<br>プラスチックを識別しよう | ・金属やプラスチックの性質を調べる観察、実験を行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。<br>〈観察・実験の技能〉 | ・身に付けた知識を基に、プラスチックの識別方法を考察し、実際に数種類の未知のプラスチックを識別する。 | ・プラスチックの特性や種類について理解し、得られた知識を基にプラスチックの識別方法を考え、適切に表現することができる。<br>（実験レポート、行動観察）<br>・プラスチックの識別を、考えた手順通りに、安全に行うとともに、得られた結果を的確に記録している。<br>（実験レポート、行動観察、<br>授業評価シート） |
| 1時間 | 【生徒実験】<br>プラスチックから繊維を作ろう<br>【演示実験】<br>着色したプラスチックを作ろう | ・化学の研究成果が人間生活に果たしている役割について考察し、導き出した考えを表現している。<br>〈思考・判断・表現〉 | ・プラスチック（合成樹脂）から合成繊維に変化させる。<br>・実験を通して、プラスチックの再利用や資源の有効利用について考察し、化学の研究成果が人間生活に果たしている役割を理解する。<br>・セラミックスやプラスチック以外の有機合成物質等の材料の存在についても簡単に確認する。<br>・ポリウレタン樹脂を合成する過程でアゾ染料を混合し、プラスチックが簡単に着色できることを観察する。 | ・プラスチックから繊維をつくる実験を通して、プラスチックのリサイクルについて探究し、導き出した考えを他者に発表している。<br>（実験レポート、行動観察、<br>授業評価シート）<br>・プラスチックやセラミックスなどの物質が人間生活を支えていることを再確認し、化学の役割について考察し、自身の考えを文章にまとめることができる。<br>（感想文、授業評価シート） |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1<br>時<br>間 | 化学とその役割<br><br>【演示実験】<br>洗剤の洗浄作用を調べよう | ・日常生活や社会で使われている物質の化学的な働きや物質を対象とする化学の特徴についてを理解している。<br>〈知識・理解〉 | ・いくつかの加工食品について、合成着色料や他の食品添加物も頻繁に使用されていることと、それらの化学的な働きを理解する。<br>・食品添加物以外に健康や衛生を保つ物質を確認する。<br>・洗剤の洗浄作用（界面活性剤の構造とそのはたらき方）やセッケンと合成洗剤の性質の違いを理解し、知識を身に付ける。 | ・食品添加物や合成洗剤等の化学的な働きについて理解し、知識を身に付けている。<br>（ノート、授業評価シート） |
| 1<br>時<br>間 | 【生徒実験】<br>合成洗剤の適切な使用量を確認しよう | ・洗剤の性質及び洗濯した衣類の残留洗剤量などを調べる観察、実験を行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。<br>〈観察・実験の技能〉 | ・合成洗剤の適切な使用量や用法を調べる。<br>・実験を通して、水溶液の性質や濃度を測定するための基本操作を身に付ける。 | ・適切に器具と試薬を使用し、洗濯排水中の合成洗剤の濃度を調べ、得られた結果を的確に記録している。<br>（行動観察、実験レポート） |
| 1<br>時<br>間 | 【ガイダンス】<br>科目「化学基礎」の学習の進め方 | ・日常生活や社会で使われている物質の有効性と危険性の評価に基づいた適切な使用量について考察し、導き出した考えを表現している。<br>〈思考・判断・表現〉<br>・日常生活や社会で使われている身近な物質の化学的な働きや化学の役割と課題を確認し、化学への興味・関心を高めている。<br>〈関心・意欲・態度〉 | ・実験結果や考察したことを基に、合成物質の適切な使用量や物質の有用性と危険性について考察する。<br>・日常生活や社会で使われている物質が地球環境や健康に及ぼす影響や化学が果たすべき役割と課題について積極的に意見を出し合い、自身の考えや認識を深める。<br>・化学を学ぶ意義と必要性を考え、自発的かつ意欲的に学習に取り組もうとする姿勢を身に付ける。 | ・合成洗剤の適切な使用量を確認し、不適切な使用量がもたらす影響を考察し、導き出した考えをレポートにまとめている。<br>（実験レポート、授業評価シート）<br>・環境問題などの社会的な諸課題に対して化学がどのように役割を果たすべきかを、意欲的に考え、文章にまとめている。<br>（感想文、授業評価シート、学習の振り返りシート） |

＊本調査研究では１～４時間目（小単元（小項目）「人間生活の中の化学」）の内容を実践した。

## Ⅲ　スモールステップ・体験型学習「プラスチックで学ぶ、人間生活の中の化学」

### 1　授業展開例

(1)　〈ステップ１〉演習「身の回りにあるプラスチックを探そう」

一般家庭のダイニングキッチンの絵を提示し、その中にプラスチックがいくつ使われているかを考えさせる。さらに、「もしもプラスチックが無かったら」及び「プラスチックを金属で代用したら」部屋の様子がどうなるかを想像させる。この演習を通して、「身の回りにいかに多くのプラスチックが存在し、プラスチック無しで現代の便利な人間生活が成立しない」ことを考えさせる。また、金属と比較しながら、プラスチックの特性を確認させる。

(2)　〈ステップ２〉生徒実験「プラスチックのなかまを作ろう」

投影・提示するスライドのシートを貼り付けた簡易的な実験プリントを配布して、6,6-ナイロンを合成する生徒実験を通して、「化学反応により高分子化合物が生成される」ことを確認させ

ると同時に、合成高分子化合物への興味・関心を喚起させる。

**■生徒実験プリント例**

## プラスチックのなかまを作ろう

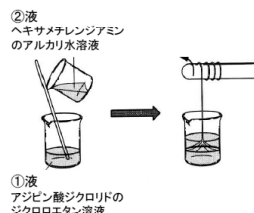
**【6,6-ナイロンの合成】**

(1) ①液15mLと②液15mLをそれぞれ50mLビーカーにはかり取る。

(2) ①液に②液をガラス棒を伝わらせて静かに少量ずつ加える。加え終わると溶液は2層に分かれ、境界面に膜ができているのが観察される。
注意　②液に①液を加えない。
途切れないように注意する。

(3) 境界面の膜をピンセットで慎重につかみ、太い試験管にその端を巻きつける。
試験管を巻くと白い糸状の物質ができるので、途切れないようにゆっくりと巻きつける。

②液
ヘキサメチレンジアミンのアルカリ水溶液

①液
アジピン酸ジクロリドのジクロロエタン溶液

［結果］

(1)　①液と②液の境界面で見られた変化について記録しておこう！

(2)　その他に気付いたことをまとめておこう！

※実際の記入欄はもっと広くとる。

［考察］

①液と②液の境界面で起こっていた変化について、まとめてみよう！

**アジピン酸ジクロリドの溶液とヘキサメチレンジアミンの溶液の境界で生じたナイロンは、どちらの溶液とも全く異なる物質であった。**
**従って、境界で起こっていた変化は、**

なお、本実験で用いるアジピン酸ジクロリドのジクロロエタン溶液（①液）は、1,2-ジクロロエタン15mLにアジピン酸ジクロリド0.5mLを加えて溶かしたものを、ヘキサメチレンジアミンのアルカリ水溶液（②液）は、水15mLにヘキサメチレンジアミン１ｇを溶かしさらに水酸化ナトリウム0.7gを加えて溶かしたものを準備する。時間に余裕があれば、試験管に巻きつけた糸をアセトンでよく洗い、乾燥させるとよい。

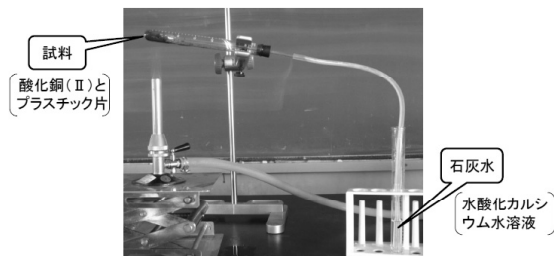
(3)　〈ステップ３〉演示実験「プラスチックに含まれる原子を調べる」

〈ステップ２〉と同様の、スライドのシートを貼り付けた実験プリントを配布して、「プラスチックの成分元素を調べるとともに金属の酸化物から金属を精製する方法を探究させる」ための導入として、プラスチックと酸化銅(Ⅱ)との反応を観察させる演示実験を行う。ただし、実験名には「元素」という語ではなく、生徒がイメージしやすい「原子」という語をあえて使用している。また、この実験ではプラスチック片としてポリエチレンラップ0.1ｇと酸化銅(Ⅱ)1.0ｇを用いる。

効果的な演示にするために、次頁の演示実験プリントに観察結果を記録させたり、考察したことをまとめさせたりするとよい。また、教師用実験台の周りに生徒を集めて直接観察させると同時に、ＣＣＤカメラとプロジェクターを用いて同時にスクリーンに投影させることにより、全生徒が十分に観察できるようにする必要がある。

■演示実験プリント例

## プラスチックに含まれる原子を調べる

試料として酸化銅(Ⅱ)粉末と細かく切ったプラスチック片が試験管に入っています。図のように試験管の口を下げて装置を組み立て穏やかに加熱するとどのような変化が観察されますか。



［予想］

プラスチックには、

が含まれている。

［実験方法に関して］
試料の入った試験管を、図のように傾ける必要があるのはなぜだろう？

化学反応が起こって、（　　　）のような液体が生じて、

加熱部分に流れると、

から。

［結果と考察］
(1)　加熱した試験管内の変化に関して

酸化銅（Ⅱ）（化学式：ＣｕＯ）とプラスチック試料との化学反応により、（　　　）色の液体が生じた。この液体を塩化コバルト紙につけると、塩化コバルト紙は（　　　）色から（　　　）色に変化した。
この結果より、液体は（　　　　　）（化学式：　　　　）であることが分かり、プラスチックには（　　　）原子が含まれていることになる。

(2)　石灰水の変化に関して

酸化銅（Ⅱ）（化学式：ＣｕＯ）とプラスチック試料との化学反応により、気体が発生した。この気体が石灰水に吹き込まれると、石灰水は無色から（　　　）色に変化した。
この結果より、気体は（　　　　　）（化学式：　　　　）であることが分かり、プラスチックには（　　　）原子が含まれていることになる。

(3)　酸化銅(Ⅱ)の変化に関して

酸化銅（Ⅱ）（化学式：ＣｕＯ）の粉末は、プラスチック試料との化学反応により、（　　　）色から（　　　）色に変化した。変化後の粉末の多くは（　　　）（化学式：　　　　）であると予想される。
この場合、酸化銅（Ⅱ）がプラスチックに（　　　）原子を奪われて（　　　　反応）が起こり、（　　　）に変化したことになる。

(4)　プラスチックの合成原料である、（　　　　）原子と（　　　　）原子で構成される物質は何だろう？

(5)　天然に存在する金属の多くが酸化物や硫化物（硫黄の化合物）で存在することが多い。この実験で見られた酸化銅(Ⅱ)から銅への変化を参考にしながら、銅、鉄、アルミニウム等の金属の精製について調べてみよう。

※実際の記入欄はもっと広くとる。

(4)　〈ステップ４〉演習「プラスチックの種類を調べる」

「プラスチックの識別マークに着目させ、様々な種類のプラスチックが存在し、それぞれ異なる性質をもつ」ことを確認させる。今回の実践では、生徒の身の回りにあるプラスチック製品を持ち寄らせ、それぞれのプラスチックが何かを調べさせた。その上で、右のスライドを提示して、それぞれのプラスチックの用途、ＳＰＩコードや材質マークについて説明し、生徒が持参したプラスチックが何かを確認させるとともに、製品にプラスチックのどんな特性を活かしているかを考えさせる。なお、〈ステップ５〉の準備として、それぞれのプラスチックの燃え方やバイルシュタイン試験を、演示実験を通して確認させる。

**プラスチックの種類**

プラ の識別表示マークや種類を示す のあるものを探してみよう。

| 樹脂名（分子模型） | 用途 | プラスチックの種類 | プラスチックの種類（SPIコード） |
|---|---|---|---|
| ポリエチレン〔PE〕 | ポリ袋<br>ポリタンク<br>食用カップ<br>電気絶縁材料<br>など | PE | 4 LDPE　2 HDPE<br>HとLは密度の違い |
| ポリプロピレン〔PP〕 | タッパー<br>バケツの容器<br>作業服<br>防寒衣<br>など | PP | 5 PP |
| ポリスチレン〔PS〕 | 透明な容器<br>ボールペンの軸<br>発泡スチロール<br>弁当のケース<br>など | PS | 6 PS |
| ポリエチレンテレフタレート〔PET〕 | ペットボトル<br>フロッピーディスク<br>シャツ<br>水着<br>など | PET | 1 PET |
| ポリ塩化ビニル〔PVC〕 | シート<br>水道管<br>容器<br>電線の被覆<br>など | PVC | 3 V |
| その他<br>ポリ塩化ビニリデン〔PVDC〕など | 人工芝<br>菓子袋<br>とうふの容器<br>食用ラップ<br>など | その他 | 7 OTHER |

(5)　〈ステップ５〉生徒実験「プラスチックを識別しよう」

「プラスチックの性質の違い利用して、未知のプラスチックを識別する」ための生徒実験を行う。班ごとに５種類の未知のプラスチックを効率的に識別する方法を考え、実験計画を立てた上で実践する活動を通して、実験の技能だけでなく、探究する方法も習得させるねらいがある。また、密度の違いを利用したプラスチックの分離・識別でよく用いられる酢酸メチルや酢酸エチルを使用せず、本方法では濃度を調整したエタノール水溶液を使用している。これにより、実験の安全性が向上するとともに､プラスチックが溶けてビーカーの底に付着するのを防ぐことができ、実験後の処理が容易になる。時間に余裕があれば、生徒が持参したプラスチックについても、密度や燃え方等の確認実験をさせるとよい。

**■生徒実験プリント例**

**実験　プラスチックを識別しよう**

［目的］

５種類の未知のプラスチックを､それぞれの性質の違いを利用し､化学的・物理的に識別する。

［準備］

(1)　器具

50mLビーカー（３個)、ピンセット、アルミニウム箔、ガスマッチ、ガスバーナー、銅線

(2)　試薬

プラスチック片（試料１～試料５)、水、エタノール水溶液（50%)、飽和食塩水

**＊試料１～５のプラスチック片は、PE、PP、PS、PET、PVCのいずれかである。**

［方法］

(1)　用意されたプラスチックや実験器具等を用いて効率的に実験を行う計画を立てる。

＊表１と表２を参考にして実験方法を考え、まとめる。(箇条書きしてもよい。)

※実際の記入欄はもっと広くとる。

(2)　(1)の計画に従い、実験を進める。

**＊注意＊**

**①燃焼させるプラスチックは少量で、ピンセットは先端をアルミニウム箔で覆って使用する。ガスマッチで点火し、燃焼時間は短時間とし、換気すること。また、すすが発生した場合は直ちに火を消すこと。**

**③バイルシュタイン試験も、炎の色が確認できたら、銅線をすぐに火から離すこと。**

表１　プラスチックの性質

| ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ | ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ PE | ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ PP | ﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝ PS | ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝﾃﾚﾌﾀﾗｰﾄ PET | ﾎﾟﾘ塩化ﾋﾞﾆﾙ PVC |
|---|---|---|---|---|---|
| 密度〔$g/cm^3$〕 | 0.91～0.96 | 0.90～0.91 | 1.04～1.09 | 1.38～1.39 | 1.16～1.72 |
| 燃え方 | 燃えやすい | 燃えやすい | 燃えやすい<br>多量のすすを出す | 比較的燃えやすい<br>すすを出す | 燃えにくい |
| ﾊﾞｲﾙｼｭﾀｲﾝ試験 | 反応なし | 反応なし | 反応なし | 反応なし | 青緑色の炎色反応 |

表２　溶液等の密度

| 溶液等 | ｴﾀﾉｰﾙ水溶液（50%） | 水 | 飽和食塩水 |
|---|---|---|---|
| 密度〔$g/cm^3$〕 | 0.91 | 1.00 | 1.15～1.16 |

---

［結果］

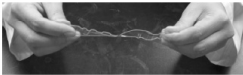
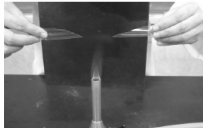
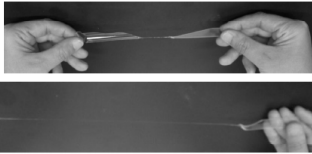
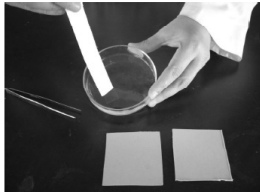
(1)　実験計画に従って行った操作から得られた結果を表にまとめよう！

| 試料／操作 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

（表のすべてを埋める必要はない。必要な結果を記入していこう！）

(2)　その他に気になる点をまとめておこう！

※実際の記入欄はもっと広くとる。

［考察］

それぞれの結果をもとに、それぞれのプラスチックが何番かを考察して判断しよう！

| | PE | PP | PS | PET | PVC |
|---|---|---|---|---|---|
| 試料番号 | | | | | |

(6)　〈ステップ６〉生徒実験「プラスチックから繊維を作ろう」

〈ステップ２〉と同様の、スライドのシートを貼り付けた簡易的な実験プリントを配布して、樹脂から繊維に変化させる二つの生徒実験を行い、「化学反応をせずに状態を変化させることで、プラスチックの再利用が可能である」ことを確認させる。

**■生徒実験プリント例**

発泡スチロールから繊維を作ろう②

(1)　シャーレにアセトン（マニキュア落とし液でも可）を入れ、発泡スチロールを溶かす。約1／50の体積になる。
　※アセトンはマニキュア落としなどの主成分です。
(2)　アセトンに溶かした発泡スチロールを取り出し、画用紙の間にはさんで、軽く押してなじませる。
(3)　画用紙をゆっくり引き離す。どのくらい長い繊維ができるかな？

［補足事項］

発泡スチロール（PS（ポリスチレン））をアセトンに入れたときに形状が無くなるのは、アセトンに溶解しているだけで、他の物質に変化しているのではない。

［結果］

(1)　PET（ポリエチレンテレフタラート）から繊維ができるときのようすを記録しておこう！

※実際の記入欄はもっと広くとる。

(2)　発泡スチロールから繊維ができるときのようすを記録しておこう！

※実際の記入欄はもっと広くとる。

(3)　その他に気付いたことをまとめておこう！

※実際の記入欄はもっと広くとる。

［考察］

(1)　それぞれのプラスチックから繊維ができたときの変化について、まとめてみよう！

PETでは（　　　　）と外部から働く力学的な作用により、プラスチック（樹脂状）から繊維状に変化し、PSではアセトンへの（　　　　）とアセトンの蒸発及び外部から働く力学的な作用により、プラスチック（樹脂状）から繊維状に変化した。

従って、いずれの変化も（　　　　変化）ではなく、

(2)　前回行ったナイロン繊維をつくる方法と今回の実験で行った繊維をつくる方法を比較して、今回の方法の方が優れている点を考えて、まとめよう！（同じ班で話し合ってみよう。）

※実際の記入欄はもっと広くとった。

## 2　実践後の振り返り

(1)　各実践・授業の様子

本調査研究では、現行の学習指導要領の科目「化学Ⅱ」において選択履修する単元「生活と物質」の中で実践した。３学年の化学の学習や観察、実験に慣れた生徒が対象の授業であり、４単位時間を充てて展開していったが、どの生徒も最後まで意欲的に取り組んでいた。これまで学習した化学の知識をほとんど必要としない授業であったので、化学に苦手意識をもっている生徒も、熱心に探究を深めている様子が見られた。

写真１　教科担当教師の説明　　写真２　識別・実験方法の検討　　写真３　プラスチック識別の実験

写真４　ナイロンの生成　　写真５　PET繊維の生成　　写真６　PS繊維の生成

(2)　生徒が記入した「実験　プラスチックを識別しよう」の実験プリント

本実験では、実験前に生徒が未知のプラスチックを識別するための実験方法・手順を考え、生徒自身が使いやすいようにプリントにまとめることが大きな柱となっている。いずれの班（生徒）も、次頁のプリントのように、図を描いて識別の過程を表現していた。これは、科目「化学Ⅰ」で行った「金属イオンの分離」や「芳香族化合物の分離」で同様の図を描いた経験からであると考えられる。したがって、科目「化学基礎」においては、このような表現方法は期待できない。教科担当教師の助言などにより、生徒が考えた実験方法は概ね適切であった。また、実験結果の表のまとめ方は、文章で表現する生徒がいたり、記号で表現した生徒がいたりと多様であった。高校３年生に対しては「自身のみならず他者が見ても理解できる」という視点で表現させる指導も重要であるが、科目「化学基礎」の導入の単元では、自由な発想で表現させてもよいと考える。

**■二人の生徒がそれぞれ記入した実験プリントの一部**

① 用意されたプラスチックや実験器具等を用いて効率的に実験を行う計画をたてる。(参考　表1・2)
(箇条書きでよい)



〔結果〕

| 操作＼試料 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水 | 沈む | 浮く | 沈む | 沈む | 浮く |
| エタノール | | 沈む | | | 浮く |
| 飽和食塩水 | 沈む | | 沈む | 浮く | |
| バイルシュタイン反応 | 反応なし | | 青緑色 | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

(表のすべてを埋める必要はない。必要な結果を記入していこう)

① 用意されたプラスチックや実験器具等を用いて効率的に実験を行う計画をたてる。(参考　表1・2)
(箇条書きでよい)



〔結果〕

| 操作＼試料 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水 | × | ○ | × | × | ○ |
| エタノール | | × | | | ○ |
| バイルシュタイン試験 | × | | ○ | × | |
| 飽和食塩水 | × | | | ○ | |
| | | | | | |
| | | | | | |

(表のすべてを埋める必要はない。必要な結果を記入していこう)

(3)　授業評価シートによる評価

下の授業評価シートを作成し、生徒に自身の内容の理解度と授業に対する評価を行った。

**■授業評価シート例**

「プラスチックで化学と私たちの生活について考える授業」に関して、あてはまる数字に○をつけてください。

| あなた自身の自己評価 | できた | だいたいできた | 少しできた | できなかった |
|---|---|---|---|---|
| 1 身の回りのプラスチックに興味をもちながら探すことができましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2 プラスチックが身の回りに多く存在する理由が理解できましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 3 化学反応を利用してナイロンがつくられていることを理解できましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 4 プラスチックに含まれる原子を予想することができましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 プラスチックの識別を行うための方法・手順を考えることができましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 6 プラスチックの識別の実験を、考えた方法・手順通りに行うことができましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 7 実験結果から、プラスチックを適切に識別することができましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 8 プラスチックのリサイクルについての知識が深まりましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 9 プラスチックのリサイクルの大切さについての理解が深まりましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 10 プラスチックと私たちの生活の関連性についての知識が深まりましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |

| 授業に対する評価 | そう思う | だいたい<br>そう思う | あまりそう<br>思わない | そう思わ<br>ない |
|---|---|---|---|---|
| 1 板書（スライド）は分かりやすかったですか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2 説明は分かりやすかったですか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 3 分らないところが分かるようになる授業でしたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 4 考える時間が十分にありましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |

今回の授業に関して、あなたの感想や意見を書いてください。

| よいと思ったところ | 改善してほしいところや疑問に思ったことなど |
|---|---|
| | |

授業評価シートの数値的評価の集計結果及び生徒の特徴的な感想や意見は、p.24とp.25の通りである。

「プラスチックの識別を行う」生徒実験に関する項目、及び「プラスチックのリサイクルについて理解する」学習活動（「プラスチックから繊維を作る」生徒実験）に関する項目は概ね高い到達度が確認できた。体験的に学習し、探究を深めることができた結果であると思われる。また、生徒の授業内容に対する満足度も概ね高いことがうかがえる。

それに対して、「プラスチックに含まれる原子を予想する」学習活動（「プラスチックの成分元素を調べる」演示実験）に関する項目の到達度が他の項目に比べやや低かった。生徒の自由記述にもあるように、演示した実験や提示したスライドのシートが見にくかったことが原因にあると考える。演示方法を十分に工夫するとともに、プレゼンテーションソフトを活用したスライドの分かりやすさを追求する必要がある。「**1　授業展開例**」で示したように、生徒の実験プリントやワークシートに、必要なスライドのシートを貼り付けるのもよいと考える。

①授業評価シートの集計結果（３学年の１クラス42名）

|  | 評価項目 注) | 達成できた | だいたい達成できた | 少し達成できた | 達成できなかった |
|---|---|---|---|---|---|
| 到達度 | 身の回りのプラスチックへの興味 〈関〉 | 18（42.9%） | 19（45.2%） | 4（ 9.5%） | 1（ 2.4%） |
|  | プラスチックが多く存在する理由の理解 〈知〉 | 36（85.7%） | 3（ 7.1%） | 3（ 7.1%） | 0（ － ） |
|  | 化学反応を利用してナイロンが生成されていることの理解 〈知〉 | 27（64.3%） | 12（28.6%） | 3（ 7.1%） | 0（ － ） |
|  | プラスチックに含まれる原子の予想 〈思〉 | 8（19.0%） | 19（45.2%） | 14（33.3%） | 1（ 2.4%） |
|  | プラスチックの識別を行うための実験の計画 〈思〉 | 32（76.2%） | 7（16.7%） | 3（ 7.1%） | 0（ － ） |
|  | 実験の計画通りの実施 〈技〉 | 36（85.7%） | 4（ 9.5%） | 2（ 4.8%） | 0（ － ） |
|  | 実験結果に基づいた適切な思考・判断 〈思〉 | 35（83.3%） | 5（11.9%） | 1（ 2.4%） | 1（ 2.4%） |
|  | プラスチックのリサイクルについての知識の深まり 〈知〉 | 24（57.1%） | 18（42.9%） | 0（ － ） | 0（ － ） |
|  | プラスチックのリサイクルの大切さについての理解の深まり〈知〉〈思〉 | 33（78.6%） | 7（16.7%） | 2（ 4.8%） | 0（ － ） |
|  | プラスチックと人間生活の関連性についての知識の深まり 〈知〉〈思〉 | 27（64.3%） | 13（31.0%） | 1（ 2.4%） | 1（ 2.4%） |
| 授業評価 | 評価項目 | あてはまる | だいたいあてはまる | あまりあてはまらない | あてはまらない |
|  | 板書(スライド)が分かりやすかったか | 17（40.5%） | 24（57.1%） | 0（ － ） | 1（ 2.4%） |
|  | 説明が分かりやすかったか | 34（81.0%） | 8（19.0%） | 0（ － ） | 0（ － ） |
|  | 分かるようになる内容だったか | 27（64.3%） | 15（35.7%） | 0（ － ） | 0（ － ） |
|  | 考える時間が十分にあったか | 21（50.0%） | 18（42.9%） | 3（ 7.1%） | 0（ － ） |

注）到達度の評価項目に、関連する評価の観点を付した。各観点は次のように表している。
〈関〉：関心・意欲・態度、〈思〉：思考・判断・表現、〈技〉：観察・実験の技能、〈知〉知識・理解

②授業評価シートへの自由記述による評価

〈授業の良いところ〉

・様々な実験をして、体験できたのでプラスチックについての理解が深まった。(複数)
・今まであまり興味をもって接することのなかったプラスチックについて知ることができてよかった。(複数)
・プラスチックの識別の実験や繊維をつくる実験に興味をひかれた。(複数)
・実験が豊富なため、生徒一人一人の興味や関心が喚起されたと思った。
・化学と私たちの生活の結びつきがよく分かった。
・リサイクルをするのがいかに大変であるかを理解することができた。
・スライドと説明がとても理解しやすかった。(複数)
・先生自身が楽しんでいるように感じられ、興味深く授業を受けることができた。(複数)

〈改善してほしいところ〉

・スライドの字(写真・映像)を大きく、見やすくしてほしい。(複数)

・自分たちが持ってきたプラスチックを使って実験させてほしい。(複数)
・繊維をつくる実験のための時間と材料をもっと確保してほしい。(複数)
・実験の時間をとらなければいけないので仕方がないが、ゆっくりと説明してほしい。
・プラスチックの識別方法について、班で考える時間をもっと確保してほしい。
・バイルシュタイン試験や発泡スチロールがとける現象について詳しく解説してほしい。
・プラスチックはさまざまな色の染料で染められている製品が多く、染めやすいと聞いた覚えがある。実際に実験で着色してみたい。

〈疑問に思ったこと〉
・生成された繊維が何に使われているのか知りたい。
・プラスチックが種類によって具体的にどう使い分けられているのか知りたい。

(4)　まとめ

本実践を、「学習のねらいが達成されたか」という観点からまとめておく。

まず、授業中の様子及び授業評価シートの集計結果から、生徒の多くが「身の回りにある金属及びプラスチックを積極的に見つけ、それらの特性を確認しよう」としていた。同様に、6,6−ナイロンの合成実験を通して、「化学反応によってナイロンやプラスチックが合成されることを確認させる」ことはできたが、どのくらいの割合の生徒が「身の回りにある様々な物質が化学の研究成果に基づいてつくられていることを理解し、知識を身に付けている」かまでは確認できなかった。次に、提出させた実験レポートの記述状況を確認するとともに、実験中の生徒の動きを観察し、「プラスチックの特性や種類について理解し、得られた知識を基にプラスチックの識別方法を考え、適切に表現する」ことや「プラスチックの識別を、考えた手順通りに、安全に行うとともに、得られた結果を的確に記録する」という目標は、大多数の生徒が概ね達成していた。さらに、実験レポートの記述から、多くの生徒が「プラスチックから繊維をつくる実験を通して、プラスチックのリサイクルについて探究」していたが、「導き出した考えを他者に発表」させるための時間の確保ができなかった。最後に、授業評価シートの自由記述などから、「プラスチックやセラミックスなどの物質が人間生活を支えていることを再確認し、化学の役割について考察」させることは達成できたが、授業後に「自身の考えを文章にまとめる」という課題は本実践では課さなかった。以上の通り、本調査研究で検討した授業展開や教材は、設定した学習目標を生徒が達成するために、概ね効果的であると判断している。

本調査研究における実践対象は理科系進学希望の３学年の生徒であり、化学の基礎的な学習内容のほとんどを履修した上で、プラスチックを中心に化学の役割や課題について探究を深めている。本来は、化学を初めて系統的に学ぶ、実験操作の技能を十分に身に付けていない生徒が、科目「化学基礎」の導入単元として、向かい合う学習内容である。しかし、ほとんどの実践対象の生徒が今回の内容に意欲的に取り組み、社会や人間生活に直結する化学的な課題に真剣に向かい合ってくれたことから、一般の高校生の関心・意欲を引き出す可能性が高い教材になると期待している。また、３年近く化学を学び続けながら身に付けた精度の高い視点で教材や授業展開を評価し、多くの改善意見を出してもらえたことは大きな収穫であった。前章までに紹介した指導計画や各教材は、それらの評価を基に、協力校以外の学校でも使用していただけるように工夫・改善したものである。

## Ⅳ　参考

### ⅰ　演示実験「着色したプラスチックを作ろう」

#### 1　ねらい

(1)　着色したプラスチックを合成することにより、プラスチックの特性を確認させる。

＊工芸用などとして利用されている「ハイキャスト（(株)平泉洋行)」を使用し、ポリウレタン樹脂を合成するとともに、アゾ染料で着色する。

(2)　プラスチックの着色の観察から、食品をはじめとする他の物質の着色方法や、染料や顔料についての興味・関心を喚起させる。

#### 2　実験方法

(1)　準備

①器具（アゾ染料の合成に必要なものを除く。）

【ポリウレタン樹脂の合成に関して】

紙コップ（60mL)、竹製割り箸、駒込ピペット（３本)、シリコーン離型枠

＊投影・提示のためのＣＣＤカメラ、プロジェクターなども用意する。

【シリコーン離型枠（写真７）の作製に関して】

紙コップ（200mL)、竹製割り箸、カップ麺容器（小)、

原型となるオブジェ、おもり（必要に応じて）

写真７　離型枠

②試薬（アゾ染料の合成に必要なものを除く。）

【ポリウレタン樹脂の合成に関して】

ハイキャストＡ液（主にジフェニルメタンジイソシアネートのトリメチルベンゼン溶液)、ハイキャストＢ液（主にポリエーテルポリオールのトリメチルベンゼン溶液）(写真８)、アゾ染料（4-フェニルアゾフェノールのトリメチルベンゼン溶液など)

【シリコーン離型枠（写真７）の作製に関して】

シリコーン樹脂離型剤（ＫＥ１７（信越化学工業）など)、 硬化剤（ＣＡＴ－ＲＭ（信越化学工業）など)（写真９）

写真８　ハイキャストＡ液（左）とＢ液（右）

写真９　硬化剤（左）と
シリコーン樹脂離型剤（右）

(1)　事前操作１（アゾ染料の合成例）

(A)塩化ベンゼンジアゾニウムの合成

①50mLビーカーにアニリン0.5mLを入れ、６mol/L塩酸を２mL加える。

②①のビーカーの反応液（アニリン塩酸塩水溶液）に氷を１個加える。

③試験管に１mol/L亜硝酸ナトリウム水溶液５mLを入れる。この試験管と②のビーカーを氷水が

入った300mLビーカーに浸して冷却する。

④冷却を続けながら、亜硝酸ナトリウム水溶液をアニリン塩酸塩水溶液に少しずつ加える。

(B)ナトリウムフェノキシドの合成

⑤別の試験管に、アセトン0.5mLと0.5mol/L水酸化ナトリウム水溶液２mLを入れ、加熱融解させたフェノールを２、３滴加える。

(C)4-フェニルアゾフェノール（アゾ染料）の合成

⑥⑤の試験管に④で生成した塩化ベンゼンジアゾニウムを数滴加える。

⑦⑥の試験管にトリメチルベンゼン（またはキシレン）を５mL加え、ゴム栓をして試験管を上下に振り、アゾ染料をトリメチルベンゼンに十分に抽出させる。

(2)　事前操作２（シリコーン離型枠の作製）

①シリコーン樹脂離型剤を適量（型枠の大きさに合わせて）紙コップに移す。

＊シリコーン樹脂離型剤は均一になっていないので、よくかき混ぜた後に紙コップに注ぐ。

②さらに硬化剤を10～15滴程加え、割り箸でよくかき混ぜる。

③紙コップ内の液をカップ麺の容器に全て移し、型となるオブジェを浮かべる。（写真10）

写真10　離型枠の作製中

＊おもりを乗せて、必要以上に浮かび上がらないようにする。

④１日程度放置し、硬化した離型枠を取り外す。（写真11）

(3)　演示実験操作

①ハイキャストＡ液を６mL（約５ｇ）とり、紙コップに移す。

②アゾ染料のトリメチルベンゼン溶液を３mL程度とり､紙コップに移し、割り箸を使って均一になるようによくかき混ぜる。

③ハイキャストＢ液を５mL（約５ｇ）とり、紙コップに移し、均一になるようにゆっくりと（２分以内で）かき混ぜる。

写真11　硬化して完成した離型枠(中段)

④紙コップの懸濁液をシリコーン離型枠に流し込み、静かに15分程度放置する。

＊数分で発熱しながら硬化し始める。

＊換気に注意する。

⑤できた樹脂を離型枠から取り出す。

＊写真12のような橙色の樹脂ができる。

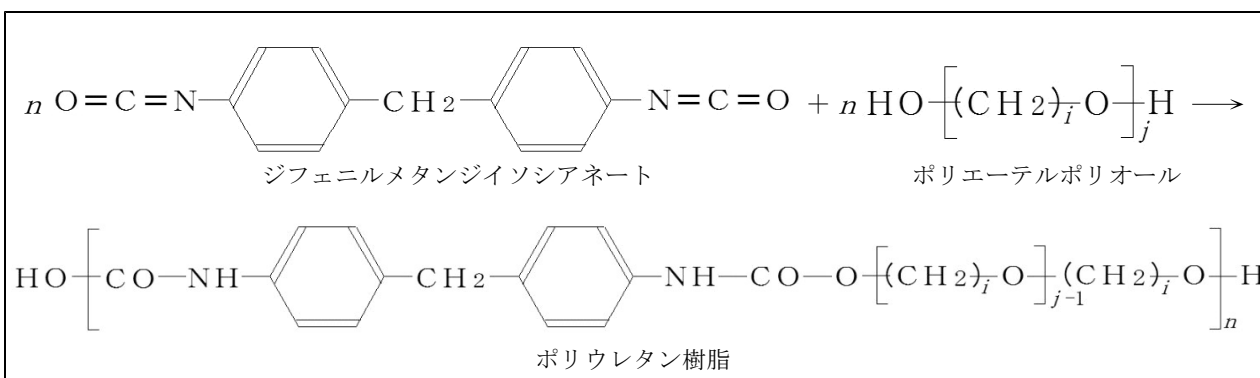
写真12　完成したポリウレタン樹脂

## ４　参考

$$n\ \mathrm{O{=}C{=}N{-}C_6H_4{-}CH_2{-}C_6H_4{-}N{=}C{=}O} + n\ \mathrm{HO{-}\left[(CH_2)_i{-}O\right]_j{-}H} \longrightarrow$$

ジフェニルメタンジイソシアネート　　ポリエーテルポリオール

$$\mathrm{HO{-}\left[CO{-}NH{-}C_6H_4{-}CH_2{-}C_6H_4{-}NH{-}CO{-}O{-}\left[(CH_2)_i{-}O\right]_{j-1}{-}(CH_2)_i{-}O\right]_n{-}H}$$

ポリウレタン樹脂

## ⅱ　生徒実験「合成洗剤の適切な使用量を確認しよう」

### 1　ねらい

(1)　スルホ基を有する陰イオン界面活性剤がメチレンブルーと会合体（青色）を形成する性質を利用し、合成洗剤の検出、定量的な測定を行い、合成洗剤の適切な使用量を確認する。

(2)　一般的には生成した陰イオン界面活性剤－メチレンブルー会合体をクロロホルムで抽出することで検出・定量を行うが、壁面吸着法により、クロロホルムを使用せずに検出・定量でき、簡便かつ安全に実験を行う。

(3)　本実験では、既習事項であるプラスチックを利用していること、クロロホルムを利用しない環境に配慮した実験方法であることを生徒に気付かせる。

＊　生徒実験前の検出方法の原理を説明する際に、クロロホルムを使用した抽出による方法も演示し、なぜ本実験でクロロホルムを使用しないのかを考えさせるとよい。

＊　メチレンブルーは、観賞魚の白点病や尾ぐされ症状を防止する薬品としても利用されており、環境への負荷が小さいことも確認させるとよい。（写真13）

写真13　市販のメチレンブルー水溶液

### 2　実験方法

(1)　準備

①器具

ポリプロピレン製試験管（直径15㎜×150㎜、20mL）（５本）（写真14）、ガラス製試験管（駒込ピペット立て用）、試験管立て、ゴム栓（０号）、駒込ピペット、水槽、雑巾又はハンドタオル（乾燥時60ｇ～100ｇ）、ティッシュペーパー、油性マーカー

写真14　使用器具の一部

②試薬

市販の衣類洗濯用の合成洗剤、0.5％メチレンブルー水溶液、60％エタノール水溶液、植物油

＊使用する合成洗剤の質量は班ごとに異なる。

〈例〉(ｱ)：パッケージに表示されている標準的な使用量（１Ｌの水に対応する質量)、
　　　(ｲ)：標準的な使用量の 2/3の質量、(ｳ)：標準的な使用量の1.5倍の質量

(2)　実験操作

(A)検出実験の準備

①５本のポリプロピレン製試験管の底から75㎜の高さの位置が分かるように、油性マーカーで線を引く。

②水槽を水道水でよくすすぐ。（前回洗浄したときの洗剤が残っていないように。）

(B)検液の準備

③試験管Ａの線の高さまで水道水を注ぎ、ゴム栓をしておく。

④水槽に水道水を１Ｌ入れ、班に指示された質量の合成洗剤を加えてよくかき混ぜ、分散させる。

⑤④の溶液で雑巾を洗い、水槽の上でよく絞る。

⑥水槽の溶液を試験管Ｂの線の高さまで入れ、ゴム栓をしておく。（この液を「洗濯排水（１）」と呼ぶことにする。）
⑦水槽の溶液を捨て、水槽を水道水でよくすすいでから、再度水道水を１Ｌ入れる。
⑧⑦の水で雑巾をすすぎ、水槽の上でよく絞る。
⑨水槽の溶液を試験管Ｃの線の高さまで入れ、ゴム栓をしておく。（この液を「洗濯排水（２）」と呼ぶことにする。）
⑩水槽の溶液を捨て、水槽を水道水でよくすすいでから、再度水道水を１Ｌ入れる。
⑪⑩の水で雑巾をすすぎ、水槽の上でよく絞る。
⑫水槽の溶液を試験管Ｄの線の高さまで入れ、ゴム栓をしておく。（この液を「洗濯排水（３）」と呼ぶことにする。）
⑬水槽の溶液を捨て、水槽を水道水でよくすすいでから、再度水道水を１Ｌ入れる。
⑭⑬の水で雑巾をすすぎ、水槽の上でよく絞る。
⑮水槽の溶液を試験管Ｅの線の高さまで入れ、ゴム栓をしておく。（この液を「洗濯排水（４）」と呼ぶことにする。）

(C)合成洗剤の検出

⑯試験管Ａのゴム栓を外し、メチレンブルー水溶液を２滴加え、再びゴム栓をして上下に１分間振り混ぜる。
⑰試験管Ａのゴム栓を外し、中の液を捨て、さらに試験管の口を下にして、ティッシュペーパーの上で叩き、中の液を全て排出する。またゴム栓もよく拭き取る。
⑱試験管Ａにエタノール水溶液を0.5mL注ぎ、ゴム栓をして上下に１分間振り混ぜ、試験管立てに立てて静置する。
⑲試験管Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅについても、⑯～⑱の操作を行う。
⑳試験管Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅ内の溶液の色の濃さを比較する。
　＊試験管Ａ内の溶液の色が合成洗剤が含まれないときの色であり、色が濃いほど含まれる合成洗剤の量が多い。

※時間があれば、自宅で洗濯したハンドタオルを１Ｌの水に浸し、その水から合成洗剤が検出されるかを確かめる。
※測定後試験管を洗うときには、洗剤及び試験管ブラシを使用せず、水で何度も洗い流す。（内壁の色素が取れないときは、お湯で洗う。）

## ３　実験結果のまとめ及び考察をさせるための発問（例）

(1)　２回のすすぎで、雑巾に合成洗剤は含まれなくなったか。（洗濯排水（４）に合成洗剤は含まれていなかったか。）
①合成洗剤の量が標準量であるとき
②合成洗剤の量が標準量でないとき

(2)　使用する合成洗剤の量が適切でない場合、どのような問題が生じるか。次の視点で考えよう。
①環境科学的な視点
②保健・衛生学的な視点
③経済的な視点
④その他の視点

(3)　文献やインターネットを利用して、合成洗剤の特性を調べ、メリットとデメリットに分けてみよう。（古くから使用されているセッケンと比較してみよう。）

①合成洗剤を使用するメリットについて
②合成洗剤を使用するデメリットについて
(4)　(3)②のデメリットを改善するための方策を考え、意見を出し合おう。
①人間生活の工夫（個人の努力）で改善する方法
②人間生活の工夫（社会・行政の努力）で改善する方法
③化学技術（化学技術の進歩）で改善する方法
④その他の方法
(5)　合成洗剤の他に、人間生活に「便利さ」や「豊かさ」をもたらしている化学物質（合成した物質）を挙げてみよう。そして、合成洗剤と同様の視点で、それらの物質に対して探究してみよう。

**４　その他の実施上の留意事項**

(1)　(ｱ)、(ｲ)、(ｳ)の質量の合成洗剤を溶かした、実験操作④の水溶液を生徒から分けてもらい、それぞれを別の三角フラスコに入れておく。各班の実験操作が終わる頃を見計らって、次の演示実験を行う。
　(ｱ)、(ｲ)、(ｳ)の質量の合成洗剤を溶かした水溶液が入った三角フラスコそれぞれに、植物油を２滴ずつ加えた後に、よく振り混ぜ、乳化するかどうかを観察させる。
(2)　以前の教科書に記載されていた合成洗剤の問題点で、既に改善されているものもあるので、実験実施前に使用する洗剤についてよく確認してから、生徒に合成洗剤の特徴について問いかける必要がある。
(3)　器具と試薬の準備に関して、以下の５点を補足する。
①濃度を調整したメチレンブルー水溶液やエタノール水溶液は、プチボトルや点眼ビンに入れて配布する。
②実験で使用する雑巾又はハンドタオルは、未使用又は洗濯済みのものが望ましい。
③水槽の外壁には、１Ｌの水を入れたときの水面の位置に、予めビニルテープで印を付けておく。
④洗剤の水溶液に素手で触れさせたくない場合など、必要に応じてゴム手袋やビニル手袋を用意する。
⑤ポリプロピレン製試験管は、使用回数が多くなると、内壁に吸着した色素が完全に取れにくくなるので、新しい試験管を用意する。
(4)　本実験方法では、厳密な定量性を求めることはできない。定量的な測定を行いたいときには、市販のキット（共立理化学研究所　陰イオン界面活性剤測定セットWA-DET　１セット約4,000円など）を購入して使用する。
(5)　合成洗剤及びセッケンの環境負荷に関するインターネット上の情報は、年代や発信者の立場によって様々である。調べ学習の際に推奨するWebサイトの例をいくつか用意しておくとよい。

## ４　小単元「分子と共有結合」に関する指導事例

### Ⅰ　科目「化学基礎」の中で扱う小単元「分子と共有結合」について

現行の学習指導要領の科目「化学Ⅱ」における小単元「化学結合」で扱っていた「分子の極性」を、新学習指導要領の科目「化学基礎」における小単元「物質と化学結合」で扱うことになった。新学習指導要領解説には、「その（分子からなる物質の）性質については，融点，沸点，溶解性などを扱い，構成原子の電気陰性度と関連付けて分子の極性に触れる。」と記載されている。また、これまで科目「化学Ⅰ」の小単元「無機物質」で扱っていた「分子からなる物質の性質」を科目「化学」で扱うことになったものの、科目「化学基礎」の本単元においても、学習指導要領解説には、「分子からなる物質の性質の例として，代表的な無機物質については，水素，酸素，・・・，ベンゼンなどを扱う。」と記載されているのに加え、実際に水素やアンモニアを発生させて性質を調べる実験なども例示されており、科目「化学Ⅰ」に比べ、より広く深く扱うことが求められている。

ここで留意すべきことが、２点考えられる。１点目は、極性分子と無極性分子の性質を比較するために、現行の学習指導要領の科目「化学Ⅱ」においてこれまで生徒実験や演示実験で行っていた「極性溶媒、無極性溶媒への溶解性を調べる実験」が簡単には実施できないことである。それは、分子からなる物質の溶解性は、溶媒分子と溶質分子の間の相互作用と切り離せないにもかかわらず、科目「化学基礎」では分子間力の詳細（ファンデルワールス力や静電気力、水素結合）を扱わないからである。一方で、前章（p.7）で報告したように、新学習指導要領解説での例示をはじめ、半数以上の教科書で当該実験が扱われていることも事実である。

２点目は、分子からなる物質について指導する上で、どのくらい多くの数の物質を、どこまで深く指導すればよいか判断が難しいということである。これに関しては、最小限の数の物質を取り上げてそれぞれの最低限の性質を一覧表にまとめている教科書もあれば、数頁を割いて、現行の科目「化学Ⅰ」とほぼ同様に各物質の性質を扱っている教科書もある。次頁の表は、出版社５社、計12種類の教科書で、本単元において分子からなる物質をどの程度扱っているかをまとめた表である。指導する生徒の実態や進路希望に応じて柔軟に扱えばよいのだが、生徒の実態を的確に把握し、明確な評価規準を設定し、綿密に指導計画を立てること無しに、いたずらに多くの物質の性質についてこれまで同様の指導を行っていくと、限られた時間数で「分子からなる物質」の核となる部分を身に付けさせることが困難になってしまう。

そこで、本調査研究では、まず、これまで生徒実験に用いられることが少なかった市販の分子模型を用い、共有結合や分子について理解させる指導法を検討し、実践した。さらに、分子からなる物質の融点、沸点、溶解性等の性質について探究させるという試みを行った。この内容は、新学習指導要領の科目「化学」における単元「物質の状態と平衡」で扱うことにもなっているが、２種類以上の分子間の相互作用を考慮しなければならない「溶解」の現象でなく、前の単元「化学と人間生活」の「熱運動と物質の三態」の指導内容を生かし、単一の分子間の相互作用だけを考慮すればよい「三態変化」の現象で極性・無極性を扱う方が理解させやすいものと考えた。ただし今回の調査研究においては、現行の教育課程における科目「化学Ⅰ」と科目「化学Ⅱ」で分割して履修する生徒に指導する内容であるので、それぞれの科目を履修している１学年と３学年で、活動内容を多少変えて実践した。また、生徒実験・演習において、市販の分子模型だけで対応しにくい共有結合の結晶に関しては、今回の調査研究を通して考案した新しい種類の模型の作製方法と、その活用法を紹介する。

小単元（小項目）「分子と共有結合」において分子からなる物質の扱い（高分子化合物を除く）

| 物質名<br>(無機物質) | 学習指導要領<br>解説で例示 | 掲載教科書数[注]<br>A | <br>B | 物質名<br>(有機化合物) | 学習指導要領<br>解説で例示 | 掲載教科書数[注]<br>A | <br>B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水素 | ○ | 8 | 4 | メタン | ○ | 8 | 4 |
| ヘリウム | | 1 | 0 | プロパン | | 1 | 0 |
| 窒素 | ○ | 7 | 4 | ブタン | | 1 | 0 |
| 酸素 | ○ | 8 | 4 | ヘキサン | | 1 | 1 |
| オゾン | | 1 | 0 | エチレン | ○ | 6 | 4 |
| 塩素 | | 3 | 0 | アセチレン | | 1 | 0 |
| ヨウ素 | | 1 | 0 | エタノール | ○ | 8 | 4 |
| アンモニア | ○ | 7 | 4 | 酢酸 | ○ | 8 | 4 |
| 水 | ○ | 3 | 3 | アセトン | | 1 | 0 |
| 過酸化水素 | | 1 | 0 | ベンゼン | ○ | 7 | 4 |
| 塩化水素 | ○ | 7 | 4 | トルエン | | 1 | 0 |
| 一酸化炭素 | | 1 | 0 | ナフタレン | | 1 | 0 |
| 二酸化炭素 | ○ | 8 | 4 | | | | |
| 一酸化窒素 | | 0 | 1 | | | | |
| 二酸化窒素 | | 2 | 1 | | | | |
| 二酸化硫黄 | | 2 | 0 | | | | |

注）掲載教科書数については、本文中で数行にわたって詳しい説明をしているものを「A」、表などで必要最小限の内容を扱っているものを「B」としている。

## Ⅱ　小単元「分子と共有結合」の展開例（指導計画案）

### 1　単元（大項目）「物質の構成」の目標（学習指導要領）

原子の構造及び電子配置と周期律との関係を理解させる。また，物質の性質について観察，実験などを通して探究し，化学結合と物質の性質との関係を理解させ，物質について微視的な見方ができるようにする。

### 2　小単元（中項目）「物質と化学結合」のねらい（学習指導要領解説より）

イオン結合，金属結合，共有結合とそれらの結合でできた物質の性質について観察，実験を行い，物質の性質が化学結合により特徴付けられることを理解させる。

### 3　小単元（中項目）「物質と化学結合」の評価の観点（例）

| (1)関心・意欲・態度 | (2)思考・判断・表現 | (3)観察・実験の技能 | (4)知識・理解 |
|---|---|---|---|
| ・イオン結晶の水溶液及び融解塩の電気伝導性を調べる演示実験や分子からなる物質を生成して性質を調べる演示実験を観察し、イオン結合や共有結合について意欲的に探究しようとする。<br>・代表的な金属の性質や日常生活の中での用途を確認し、金属結合について関心を高めている。 | ・イオンの生成､イオン結合、金属結合、共有結合の原理を、電子配置をもとに考察している。<br>・結合している原子の組み合わせから、どの種類の結合が生じているか適切に判断している。<br>・分子や共有結合の結晶のモデルを基に、粒子の配列のようすを図や構造式で表現している。 | ・分子模型で分子や共有結合の結晶のモデルを組み立てながら、模型の使い方等を身に付けるとともに、分子や結晶の特徴を探究する方法を習得している。 | ・イオン結合、金属結合、共有結合について、それぞれの特徴と、結合に電子がどのように介在するかを理解している。<br>・イオンの生成の原理や、イオン結合、 金属結合、共有結合でできた物質の性質をそれぞれ整理し、それらの知識を身に付けている。 |

４　小単元（中項目）「物質と化学結合」における小単元（小項目）「分子と共有結合」の展開（例）

| 時間 | 学習内容 | ねらい〈評価規準〉 | 具体的な学習到達目標 | 評価（評価方法） |
|---|---|---|---|---|
| 1.5時間 | 分子と共有結合 | ・共有結合の原理を電子配置をもとに考察し、結合に電子がどのように介在するかを理解し、知識を身に付けている。〈思考・判断・表現〉〈知識・理解〉 | ・共有結合を電子配置と関連付けて理解するとともに、共有結合は共有電子対を形成した結合であることを理解し、知識を身に付ける。<br>・分子を分子式､電子配置図､電子式、構造式で表現できるようになる。 | ・電子配置図や電子式を描いて共有結合の原理を考え、理解している。(行動観察、授業評価シート)<br>・分子式、電子配置図、電子式、構造式を正しくかけている。(ワークシート、ノート、確認テスト) |
| | 【実験・演習】<br>分子模型で分子を理解しよう | ・分子模型で分子や共有結合の結晶のモデルを組み立てながら、模型の使い方等を身に付けるとともに、分子や結晶の特徴を探究する方法を習得している。〈観察・実験の技能〉 | ・分子模型を使用して各分子の形を表現することができるようになる。そして共有結合の種類と結合する向きの関係等について探究する方法を身に付ける。<br>・配位結合や原子の電気陰性度と分子の極性についての基本事項を理解し、知識を身に付ける。 | ・分子模型を適切に使用し、組み立てたモデルから、分子の特徴を探究している。(行動観察、授業評価シート) |
| 1.5時間 | 【演習・実験】<br>分子からなる物質の分子の形と物質の性質との関係を考えよう | ・分子や共有結合の結晶のモデルを基に、粒子の配列のようすを図や構造式で表現するとともに、分子の形と分子からなる物質の性質の関係を微視的に探究し、導き出した考えを的確に表現している。〈思考・判断・表現〉 | ・共有結合でできた物質の性質を理解する。特に、分子からなる物質については、極性の有無や極性と物質の性質との関係を考察し、モデル図などで表現しながら実験レポートに適切にまとめる。 | ・分子の形の特徴を的確にとらえ、分子の極性の有無を判断できている。また、グラフやモデル図を描き、極性分子と無極性分子の性質の違いを探究し、導き出した考えをレポートにまとめている。(行動観察、演習レポート) |
| 1時間 | 【実験】<br>炭素の同素体の模型を作ろう | | ・ダイヤモンド、黒鉛、及びフラーレンの模型を作製し、共有結合の結晶の原子配列を分子と比較しながら整理して理解し、知識を身に付ける。 | ・炭素の同素体の模型を作製し、共有結合の結晶の特徴及び分子と結晶の違いを理解している。(実験レポート、確認テスト、学習の振り返りシート) |

＊本調査研究では、１～３時間目の内容を実践した。

## Ⅲ　〈指導事例（１）〉実験・演習「分子模型で分子を理解しよう」

### １　授業展開（実験・演習の進め方）

(1)　共有結合と分子に関する説明

①希ガス以外の非金属原子同士で電子を共有しての安定化

二つの塩素原子が安定なアルゴン型の電子配置になるための電子のやりとりについて考察させ、考えたことを発表させる。

＊塩化ナトリウムのイオン結合形成の際の電子の授受と比較させながら理解させる。

②単結合・二原子分子の単体

　塩素分子を電子配置図で理解させる。分子式、電子式、構造式で分子を表現できるようにする。（水素分子で、定着しているかを確認させる。）

＊塩素原子における価電子の授受による安定化については小単元「イオンとイオン結合」で学習しており、周期表第２周期以降の一般的な原子の電子式を理解させるために、塩素分子で説明する。また、塩素分子は中学校で学習している。

③単結合・二原子分子の化合物

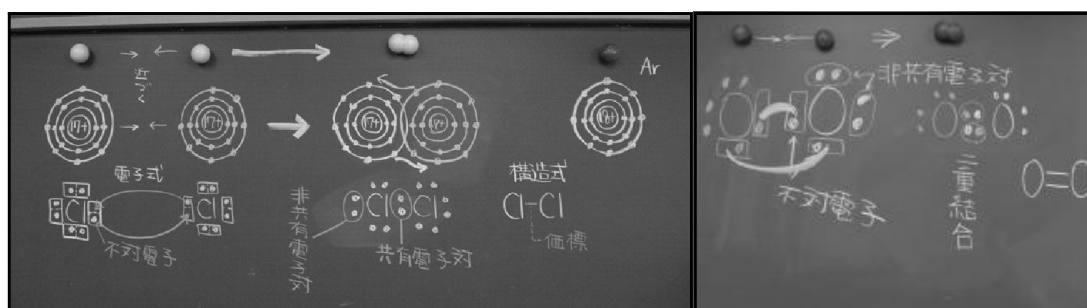
　塩化水素分子を電子式で理解させる。

④単結合・多原子分子の化合物（原子価２以上の原子の共有結合）

　水分子を電子式で理解させる。

⑤多重結合・二原子分子の単体

　酸素分子を電子式で理解させる。

写真１　単結合、各化学式の説明　　　写真２　二重結合の説明

(2)　分子模型を用いた実験・演習

①分子模型の使用方法の確認

　分子模型の特徴を理解させる。特に、単結合するとき（$sp^3$混成軌道）、二重結合するとき（$sp^2$混成軌道）の酸素、窒素、炭素の結合の向きを確認させる。

＊本調査研究の協力校では、空間充填型の模型を授業で使用している。結合の種類に着目させたいときは、棒球型の模型を使用する方がよい。

②分子模型の作製

　主な分子について分子模型でモデルを作製させ、共有結合の特徴から分子の形までを理解させる。ワークシート（次頁）に必要事項を記入させる。

③炭素分子の存在の可否の検討（発問）

　炭素原子の模型パーツだけを使って炭素分子のモデルが作製できるかを試行させ、炭素分子が存在するかどうかを考えさせる。

**■ワークシート例**

［まとめ］　主な分子の電子式、構造式、分子モデル

| 物質名<br>（分子式） | 共有結合ができるようす | 電子式 | 構造式 | 分子模型の<br>スケッチ図 |
|---|---|---|---|---|
| 水素<br>（　　　） | | | | |
| 塩素<br>（　　　） | | | | |
| 塩化水素<br>（　　　） | | | | |
| 水<br>（　　　） | | | | |
| アンモニア<br>（　　　） | | | | |
| メタン<br>（　　　） | | | | |
| 二酸化炭素<br>（　　　） | | | | |
| 酸素<br>（　　　） | | | | |
| 窒素<br>（　　　） | | | | |

(4)　共有結合の結晶についての説明

①共有結合の結晶の特徴

　ダイヤモンド、水晶などの原子配列を、模型（写真３）を提示しながら理解させる。

②共有結合の結晶と分子との相違点の確認

　ダイヤモンドとメタン等を比較しながら、性質の違いや、化学式での表現方法の違いなどを確認させる。

＊「炭素の同素体の模型」を作製させてから、ダイヤモンドと $C_{60}$ を比較させるのもよい。

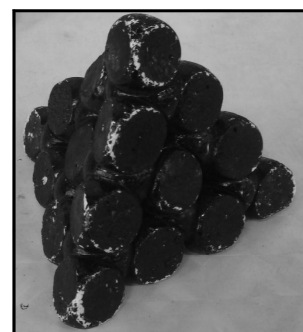



写真３　ダイヤモンドの模型（例）

(5)　配位結合についての説明

①分子内の非共有電子対の分布、水素イオンの電子配置

　棒球型分子模型で作製したアンモニア分子を提示し、非共有電子対の存在やその分布の向きを確認させる。また、水素イオン（プロトン）の電子配置を確認させ、水素分子と比較させながら安定性を考えさせる。

②配位結合の形成

電子式を用いて、アンモニウムイオン及びオキソニウムイオンの形成について説明する。

＊錯イオンについては、その存在について簡単に説明するにとどめる。

(6)　電気陰性度と分子の極性についての説明

①電気陰性度、結合の極性

塩化水素分子を例に、異なる原子間の共有電子対の分布の仕方について簡単に説明する。原子間の共有電子対の偏り（結合の極性）は、電気陰性度を利用すると判断できることを確認させる。

②分子内の極性

塩化水素分子では、結合の極性により、水素原子と塩素原子の表面が、異なる種類の静電気を帯びていることに気付かせる。

＊塩化水素の結合の極性を極端にしていくと、水素イオンと塩化物イオンになることを電子式で考えさせ、イオンと比較しながら各原子に帯びる静電気について理解させるとよい。

③極性分子と無極性分子

水分子と二酸化炭素分子の分子模型を提示しながら、分子の形の対称性に着目させ、分子内の原子間の静電気の分布の偏り（結合の極性）と分子全体の静電気の偏り（結合の極性の相互作用による分子の極性）の違いについて理解させる。

＊この後使用する**演習・実験プリント例（２）**（p. 44）の空欄を記入させ、理解したことを定着させる。

## ２　実践後の振り返り

(1)　分子模型を用いた実験・演習の様子

本調査研究では、現行の学習指導要領の科目「化学Ｉ」で実践したので、配位結合や分子の極性についての指導は行っていない。要した時間は約65分程度であったが、どの生徒も終始意欲的に取り組んでいた。班単位で作業を進めた実験・演習の場面では、分子模型を使って作業を進める時間に個人差があり、早く終わってしまう生徒もいたので、作業が速い生徒のために発展的な課題を用意したり、探究を深める材料を用意しておいたりするなどの工夫が必要であった。

写真４　授業の様子　　写真５　分子モデルの組み立て　　写真６　ワークシートに記入

(2)　生徒が記入したワークシート

生徒がまとめたワークシートを紹介する。どの生徒も適切に記入していた。分子模型のスケッチは、「あくまでもモデル図であり、写実的な絵を描く必要はなく、立体的に形の特徴をとらえるために簡潔に描くことが重要である」ことを指示しておいた方がよい。

■二人の生徒がそれぞれ記入したワークシート

【まとめ】　おもな分子の電子式　構造式　分子模型

| 名称（分子式） | 共有結合ができる様子 | 電子式 | 構造式 | 分子模型 |
|---|---|---|---|---|
| 水素（$H_2$） | | | | |
| 水（$H_2O$） | | | | |
| アンモニア（$NH_3$） | | | | |
| メタン（$CH_4$） | | | | |
| 二酸化炭素（$CO_2$） | | | | |
| 窒素（$N_2$） | | | | |
| 塩化水素（$HCl$） | | | | |
| 塩素（$Cl_2$） | | | | |

【まとめ】　おもな分子の電子式　構造式　分子模型

| 名称（分子式） | 共有結合ができる様子 | 電子式 | 構造式 | 分子模型 |
|---|---|---|---|---|
| 水素（$H_2$） | | | | |
| 水（$H_2O$） | | | | |
| アンモニア（$NH_3$） | | | | |
| メタン（$CH_4$） | | | | |
| 二酸化炭素（$CO_2$） | | | | |
| 窒素（$N_2$） | | | | |
| 塩化水素（$HCl$） | | | | |
| 塩素（$Cl_2$） | | | | |

(3)　授業評価シートによる評価

下の授業評価シートを作成し、生徒に自身の内容の理解度と授業に対する評価を行った。

■授業評価シート例

「分子模型で共有結合を理解する授業（実験・演習)」に関して、あてはまる数字に〇をつけてください。

| あなた自身の自己評価 | できた | だいたいできた | 少しできた | できなかった |
|---|---|---|---|---|
| 1　共有結合について理解していましたか。（実験前） | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2　共有結合について理解できましたか。　（実験後） | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **授業に対する評価** | **そう思う** | **だいたいそう思う** | **あまりそう思わない** | **そう思わない** |
| 1　板書は分かりやすかったですか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2　説明は分かりやすかったですか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 3　分らないところが分かるようになる授業でしたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 4　考える時間が十分にありましたか。 | 4 | 3 | 2 | 1 |

今回の授業に関して、あなたの感想や意見を書いてください。

| よいと思ったところ | 改善してほしいところや疑問に思ったことなど |
|---|---|
| | |

授業評価シートの数値的評価の集計結果及び生徒の特徴的な感想や意見は次頁の通りである。分子模型を用いた活動によって、共有結合についての理解度が高まったと言える。また、生徒の授業内容に対する満足度も高いことがうかがえる。特に、「分からなかったことが分かるようになった」という評価は、教科担当教師の指導技術に起因する部分も大きいが、班単位で議論しながら分子模型を組み立て、自発的に思考を展開させた結果でもある。生徒の自由記述からもそのことをうかがい知ることができる。

①授業評価シートの集計結果（１学年の２クラス計79名）

| | 評価項目 | 理解できた | だいたい理解できた | 少し理解できた | 理解できなかった |
|---|---|---|---|---|---|
| 理解度 | 実験前の共有結合についての理解 | 5（ 6.3%） | 19（24.1%） | 28（35.4%） | 27（34.2%） |
| | 実験後の共有結合についての理解 | 27（34.2%） | 46（58.2%） | 6（ 7.6%） | 0（ ー ） |
| 授業評価 | 評価項目 | あてはまる | だいたいあてはまる | あまりあてはまらない | あてはまらない |
| | 板書が分かりやすかったか | 45（57.0%） | 33（41.8%） | 1（ 1.3%） | 0（ ー ） |
| | 説明が分かりやすかったか | 51（64.6%） | 27（34.1%） | 1（ 1.3%） | 0（ ー ） |
| | 分かるようになる内容だったか | 43（54.4%） | 35（44.3%） | 1（ 1.3%） | 0（ ー ） |
| | 考える時間が十分にあったか | 31（39.2%） | 44（55.7%） | 4（ 5.1%） | 0（ ー ） |

②授業評価シートへの自由記述による評価

〈授業の良いところ〉

・分子模型を使ってモデルを作製することで共有結合の理解が深まった。（複数）

・図や模型を利用した説明で理解しやすかった。（複数）

・（教科担当教師の）表現力が豊かで分かりやすかった。

・班員と相談しながら、楽しく理解できた。

・自分で考えて進めることができるところがよかった。

・考える時間の時に、（教科担当教師が）個別に詳しく説明してくれてよかった。

〈改善してほしいところ〉

・考える時間をもう少し増やしてほしい。

・質問の時間を設定してほしい。

・共有電子対、非共有電子対などの説明を重点的に行ってほしい。

・ワークシートの電子式の欄が必要なかった。

・分子模型で好きな分子を組み立てたかった。

〈疑問に思ったこと〉

・二重結合や三重結合のように四重、五重・・・・の結合もあるのかなと思った。

(4)　まとめ

本実践を、「学習のねらいが達成されたか」という観点からまとめておく。

授業評価アンケートの結果からは、多くの生徒が「電子配置図や電子式をかいて共有結合の原理を考え、理解している」ことが確認できた。また、提出されたワークシートの記載状況から、「分子式、電子配置図、電子式、構造式を正しくかけている」ことも確認できた。さらに、分子模型で分子のモデルを作製する実験では、生徒の活動の様子とワークシートの記入状況や発問に対する受け答えの様子から、概ね「分子模型を適切に使用し、組み立てたモデルから、分子の特徴を探究している」ことも確認できた。

## Ⅳ　〈指導事例（２）〉演習・実験「分子からなる物質の分子の形と物質の性質との関係を考えよう」

### １　実施上の留意点

(1)　演習を行う前に、演習に必要となる分子間力に関する最小限の知識を理解させるために、**演習・実験プリント例（１）**の［確認］の中の発問に従って、モデル図を描きながら確認させる。

(2)　**演習・実験プリント例（１）**でモデル図を描かせるために、二酸化炭素、水、エタノール、シクロヘキサンの各分子のモデル図を、演習で使用する分子模型を考慮しながら、教科担当者がシンプルなモデル図を記入しておく。（モデル図が入るの表記箇所）

(3)　**演習・実験プリント例（２）**の分子模型スケッチ欄には、模型を組み立てさせる分子以外は予め記入しておく。分子模型は、棒球モデルでも空間充填モデルでもよい。

(4)　無極性分子の分子量と沸点・融点の関係は、実際は一次関数の関係にはなっていないが、分子量と沸点・融点の相関関係を表すために直線を引いたことを、後で解説する。

(5)　［仮説２］の検証で、エタノールと水の混合、シクロヘキサンと水の混合を演示し、実際に観察させてから考察を進めさせる。効果的な演示をするために、ＣＣＤカメラとプロジェクターを用いてスクリーンに投影する。その際、混合液の界面の有無が確認できるように、ガラス器具の背景を工夫する。

(6)　モデル図を黒板で示すときには、発泡スチロール球で作製した分子模型にマグネットを付けたものなどを使用して解説すると理解させやすい。（写真９及び写真10参照）

**■演習・実験プリント例（１）**

**演習・実験　分子からなる物質の分子の形と物質の性質との関係を考えよう**

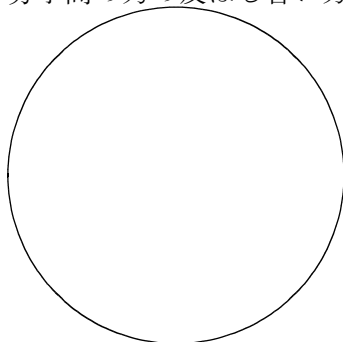
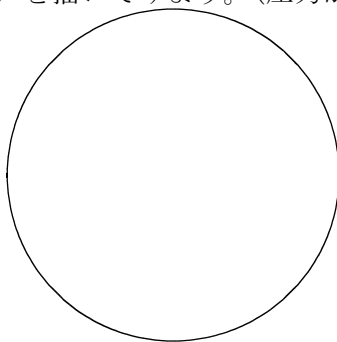
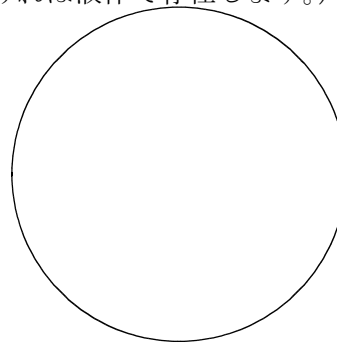
［目的］

(1)　色々な分子からなる物質について、分子の形を分子模型を使って確認し、極性分子と無極性分子に分類する。

(2)　極性分子と無極性分子それぞれについて、分子量と融点及び沸点との関係を調べ、分子間の相互作用（引力の及ぼし方）を考える。

(3)　極性分子同士の間、無極性分子同士の間、極性分子と無極性分子との間の相互作用について、それぞれ考える。

［確認］

分子からなる物質が、固体、液体、気体で存在するときのようすを、イメージしてみよう！例として、二酸化炭素分子（モデル図が入る）がそれぞれの状態にあるときのようす（分子の配列や分子間の力の及ぼし合い方など）を描いてみよう。（圧力が高ければ液体で存在します。）

固体（面心立方格子）　　液体　　気体

(1)　分子間の相互作用（引力）が大きいほど、固体から液体へ融解したり、液体から気体へ蒸発（沸騰）したりするためのエネルギーが＿＿＿＿＿＿必要となることが予想できる。

(2)　どんな分子でも分子同士の間には弱い引力（ファンデルワールス力）が働き、分子の質量が大きいほどファンデルワールス力が＿＿＿＿＿＿ことが分かっている。

(3)　ファンデルワールス力の大きさは、静電気を帯びた粒子同士の間に働く＿＿＿＿＿力（クーロン力）に比べると、ずっと小さいことが分かっている。

※　確認事項をもとに、次の仮説を立てて、探究に入ろう！

［仮説１］

**分子からなる物質の沸点と融点は、分子間に働くファンデルワールス力と正の相関関係にある分子量が＿＿＿＿いほど高い。**

［準備］

器具類：分子模型、定規

［方法］

○分子の形の確認

(1)　別紙の、関係分子の性質等が記載された表の「物質名」の欄に物質名を記入する。

(2)　エタノール分子とシクロヘキサン分子について模型を組み立て、表の「分子模型のスケッチ」の欄にスケッチ図を記入する。
（その他の分子は、既に確認しているので、分子の概形が分かるように表に記入する。）

(3)　分子の形が上下・左右・前後で対称であるかどうかを確認し、表の「対称性」の欄に記入する。上下・左右・前後で対称であれば○を、対称でなければ×を記入する。

(4)　「対称性」の有無と分子を構成する原子対の電気陰性度の差をもとに、分子の極性の有無を考え、表の「極性」の欄に記入する。極性がある（極性分子である）場合には○を、極性が無い（無極性分子である）場合には×を記入する。

○分子の形（極性・無極性）の融点・沸点への影響についての検討

(1)　グラフ用紙に、（分子量，融点）をプロットする。このとき、極性分子と無極性分子を区別できるようにプロットする（色や形で）。

(2)　同様に、グラフ用紙に、（分子量，融点）をプロットする。

(3)　プロットした結果、分子量と沸点または融点との間に相関が見られ、一方が増加するのに伴って他方も増加している関係（正の相関関係）の場合は、直線を描いてみる。
＊１次関数（$y = ax + b$）の関係に近似してみる。

(4)　融点・沸点の高さに影響している分子間の引力の種類を検討する。

○分子同士の相互作用についての検討

(1)　極性分子である水分子について、固体、液体のときの水分子同士の間に働く力を考えながら、モデル図を描く。

(2)　表「分子からなる物質の、分子の形と物質の性質の関係」の「水への溶解性」を参考にして、極性分子と無極性分子のうち、水に溶けやすい傾向にあるのはどちらかを検討する。

(3)　水にエタノールを加えたときと、水にシクロヘキサンを加えたときのようすをそれぞれ観察する。《演示実験》

(4)　水に溶けやすい分子が水に溶けているときのようすを、溶けている分子と水分子の間、及び水分子同士の間に働く力を考えながらモデル図を描く。

(5)　水に溶けにくい分子を水に加えたときのようすを、溶けていない分子同士の間、及び水分子同士の間に働く力を考えながら、モデル図を描く。

(6)　分子量と沸点・融点との関係と水への溶解性を再度整理しながら、極性分子だけが存在する場合、無極性分子だけが存在する場合、それぞれについて、分子間に主にどんな力が働いているかを整理する。

○その他

時間があれば、それぞれの物質の性質を教科書や図説で調べ、主なものについて別紙の表に記入する。

［結果と考察］

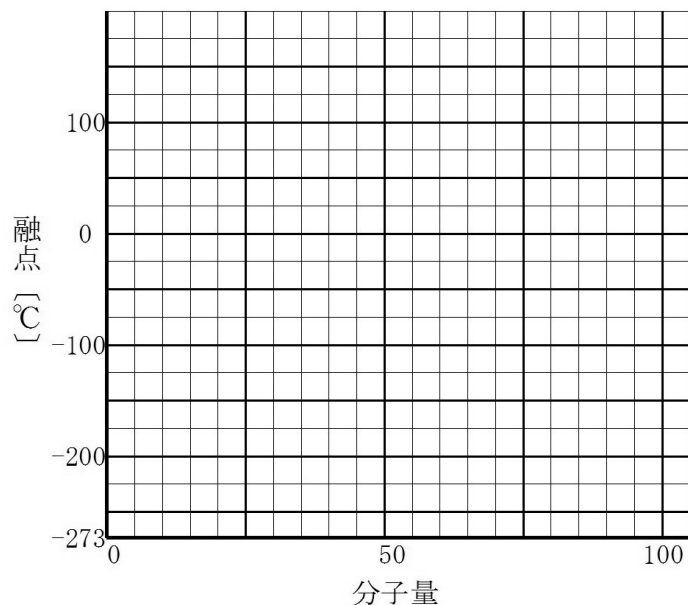
○分子の形の確認

別紙の表「分子からなる物質の、分子の形と物質の性質の関係」のとおり。

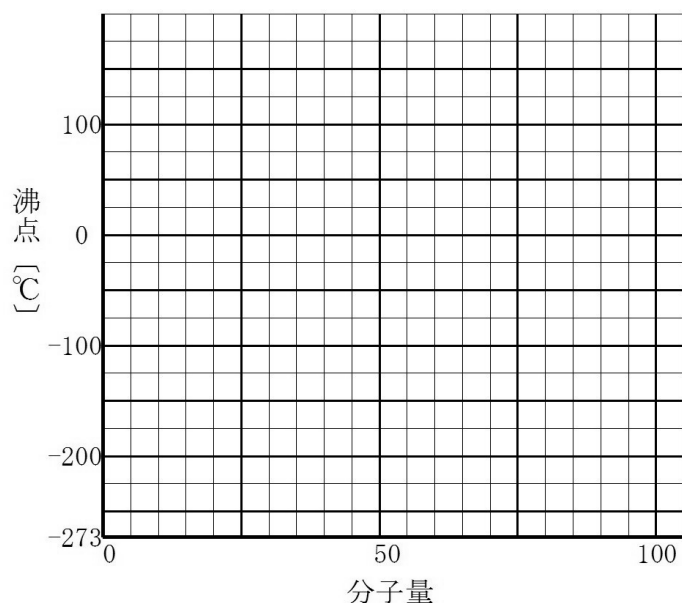
※表をまとめる過程で、気付いたことがあれば、記述しよう！

※実際の記入欄はもっと広くとる。

○分子の形（極性・無極性）の融点・沸点への影響についての検討

(1)　分子量と融点との関係を表したグラフより分かること

グラフより、

よって、融点の高さにファンデルワールス力だけが影響していると考えられるのは、

(2)　分子量と沸点との関係を表したグラフより分かること

グラフより、

よって、沸点の高さにファンデルワールス力だけが影響していると考えられるのは、

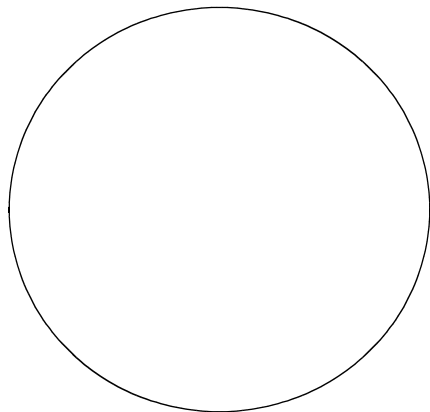
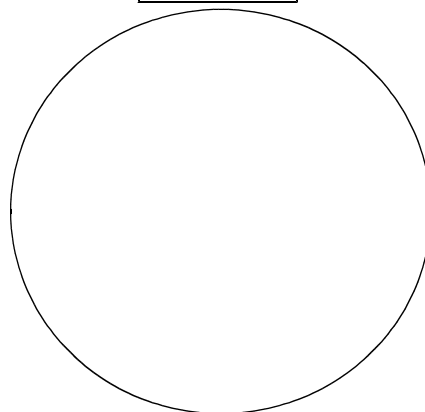
(3)　分子量と融点との関係を表したグラフおよび分子量と沸点の関係を表したグラフより分かることをまとめよう！

同じくらいの分子量の極性分子と無極性分子を比較すると、　　　　　　　　　　　　　　　であるので、
＿＿＿＿＿＿分子では、分子間にファンデルワールス力以外の力が働く可能性が高い。

※　これまでの結果と考察をもとに、次の仮説を立てて、探究を続けよう！
［仮説２］

**極性分子と極性分子の間には、ファンデルワールス力よりも引力の大きさが＿＿＿＿い、何らかの力が働く。**

○分子同士の相互作用についての検討

(1)　固体の水(氷)及び液体の水について、水分子のようすを、分子間にどのような力が働いているかを考えながら、モデル図で表そう！（６個の水分子(モデル図が入る)で表現しよう！）

固体

液体

(2)　別紙の表の「水への溶解性」を参考にして、極性分子と無極性分子のうち、水に溶けや

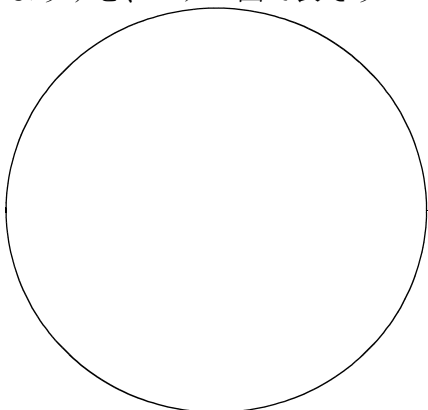
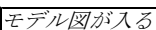
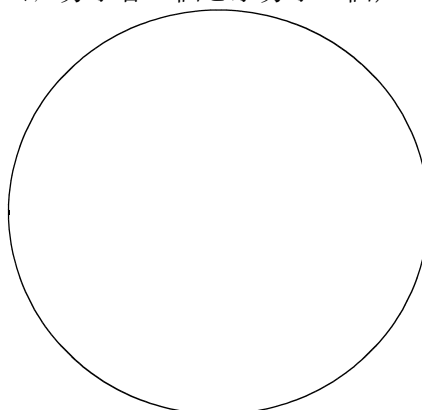
すい傾向にあるのはどちらかを判断してみよう！

水に溶けやすい傾向があるのは、

(3)　水にエタノールを加えたとき、水にシクロヘキサンを加えたときのようすを観察し、観察結果を記録しよう！

水にエタノールを加えたときは、

一方、水にシクロヘキサンを加えたときは、

(4)　エタノール分子が水に溶けているときのようす、及びシクロヘキサン分子を水に加えたときのようすを、モデル図で表そう！（ｴﾀﾉｰﾙ･ｼｸﾛﾍｷｻﾝ分子各３個と水分子６個）

水とエタノール

水とシクロヘキサン

＊シンプルに表すために、エタノールとシクロヘキサンのモデルは、次のものを使う。

エタノール：モデル図が入る　　シクロヘキサン：モデル図が入る

(5)　(1)～(4)をもとに、極性分子同士の間に働く力についてまとめよう！

極性分子同士の間には、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿力がはたらいており、その力はファンデルワールス力よりも、

したがって、極性分子である水分子に他の極性分子を加えると、

一方、水分子に無極性分子を加えると、水分子同士の引力が、　　　　　　よりも大きいので、

(6)　ヘキサンのような無極性分子にメタンのような別の無極性分子を混合させたときに、均一に混ざり合う（溶解する）かどうかを予想してみよう！（原理や理由も考えよう！）

※実際の記入欄はもっと広くとる。

## ■演習・実験プリント例（２）

### 分子からなる物質の、分子の形と物質の性質の関係（No.1）

| | 分子式 | 物質名 | 分子の形 | | | 電気陰性度の差 | 極性 | 分子量 | 融点 | 沸点 | 水への溶解性 | メモ(その他の性質) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 分子模型スケッチ | 形の名称 | 対称性 | 電子を引き寄せる力の大きさの違い | | | | | | |
| 単原子分子 | He | ヘリウム | ● | | ○ | | × | 4 | −272 | −269 | × | |
| | Ne | | ● | | | | | 20 | −249 | −246 | × | |
| | Ar | | ● | | | | | 40 | −189 | −186 | × | |
| 二原子分子 | $H_2$ | 水素 | | 直線形 | ○ | H⇔H ：2.2−2.2=0 | | 2 | −259 | −253 | × | |
| | $N_2$ | | | 直線形 | | N⇔N ： | | 28 | −210 | −196 | × | |
| | $O_2$ | | | 直線形 | | O⇔O ： | | 32 | −218 | −183 | × | |
| | $F_2$ | | | 直線形 | | F⇔F ： | | 38 | −220 | −188 | ○(反応) | |
| | $Cl_2$ | | | 直線形 | | Cl⇔Cl ： | | 71 | −101 | −34 | ○(反応) | |
| | HF | | | 直線形 | × | H⇔F ： | | 20 | −83 | 19.5 | ○(少し反応) | |
| | HCl | | | 直線形 | | H⇔Cl ： | | 36.5 | −114 | −84.9 | ○(反応) | |
| | HBr | | | 直線形 | | H⇔Br ： | | 81 | −88.5 | −67 | ○(反応) | |
| | CO | | | 直線形 | | C⇔O ：2.6−3.4=−1.2 | | 28 | −205 | −192 | × | |

〈表面〉

### 分子からなる物質の、分子の形と物質の性質の関係（No.2）

| | 分子式 | 物質名 | 分子の形 | | | 電気陰性度の差 | 極性 | 分子量 | 融点 | 沸点 | 水への溶解性 | メモ(その他の性質) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 分子模型スケッチ | 形の名称 | 対称性 | 電子を引き寄せる力の大きさの違い | | | | | | |
| 三原子分子 | $H_2O$ | 水 | | | | H⇔O ： | ○ | 18 | 0 | 100 | | |
| | $H_2S$ | | | 折れ線形<br>(V字形) | | H⇔S ： | | 34 | −85.5 | −60.7 | ○(少し反応) | |
| | $CO_2$ | | | | | C⇔O ： | | 44 | −78.5 | 昇華 | △(少し反応) | |
| 多原子分子 | $NH_3$ | | | | | H⇔N ： | | 17 | −77.7 | −33.4 | ○(少し反応) | |
| | $CH_4$ | | | | ○ | H⇔C ： | ○ | 16 | −183 | −162 | × | |
| | $C_2H_4$ | エチレン<br>(エテン) | | 平面<br>・対称性 | ○ | H⇔C ：<br>C⇔C ： | × | 28 | −169 | −104 | × | |
| | $C_2H_2$ | アセチレン<br>(エチン) | | 直線形 | ○ | H⇔C ：<br>C⇔C ： | | 26 | −81.8 | | × | |
| | $C_6H_{12}$ | シクロ<br>ヘキサン | | | ○ | H⇔C ：<br>C⇔C ： | × | 84 | 6.5 | 80.7 | | |
| | $C_2H_6O$ | エタノール | | | × | H⇔C ：<br>C⇔O ：<br>C⇔C ： | | 46 | −115 | 78.3 | ○ | |

＊「反応」には電離も含む。

＊「分子量」とは、分子の平均的な質量の大きさを相対的に表した数値である。(「質量数12の炭素原子の質量」＝12を基準にしている。)

〈裏面〉

本調査研究における実践では、Ｂ４判の用紙に両面印刷して配布した。

## 2　実践後の振り返り

### (1)　演習の様子

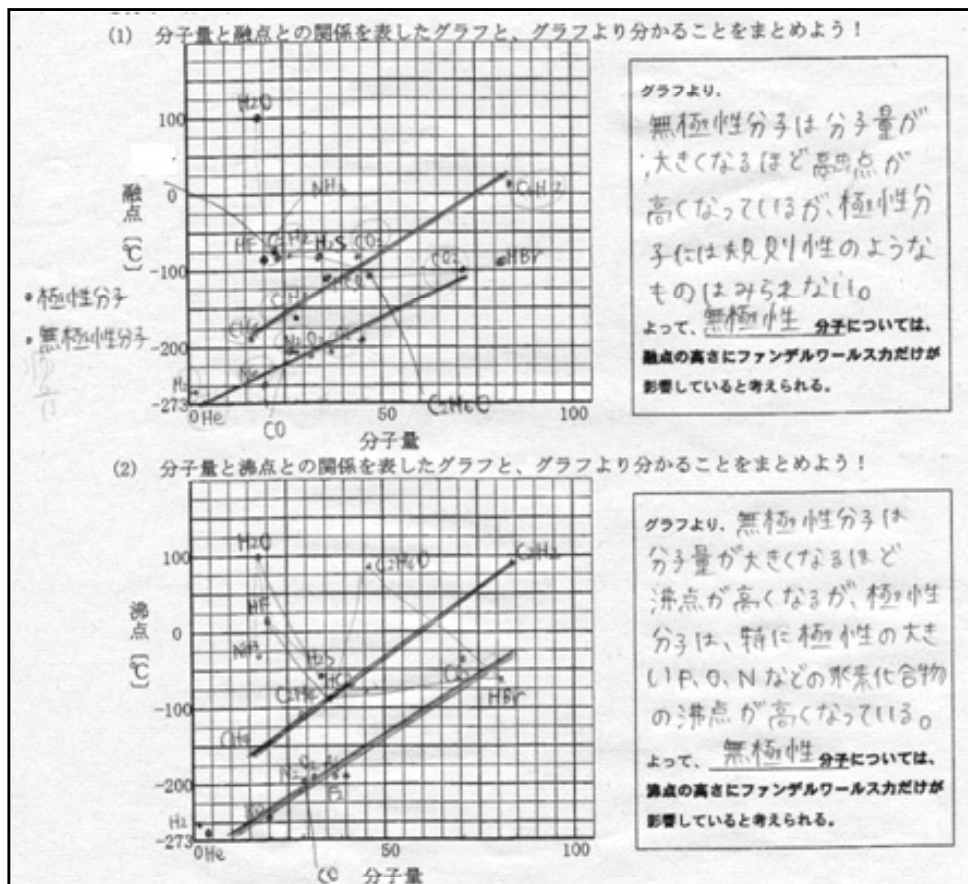
本調査研究では、分子の極性や分子間力を学習していない１学年の生徒と、既に学習している３学年の生徒のそれぞれに演習・実験に取り組ませた。１学年では、電気陰性度を用いず、分子の形の対称性だけに着目させ、演習の中で極性分子と無極性分子を確認しながら、作業を進めさせた。（前頁の**演習・実験プリント例（２）**の表の項目も多少変えて使用した。）

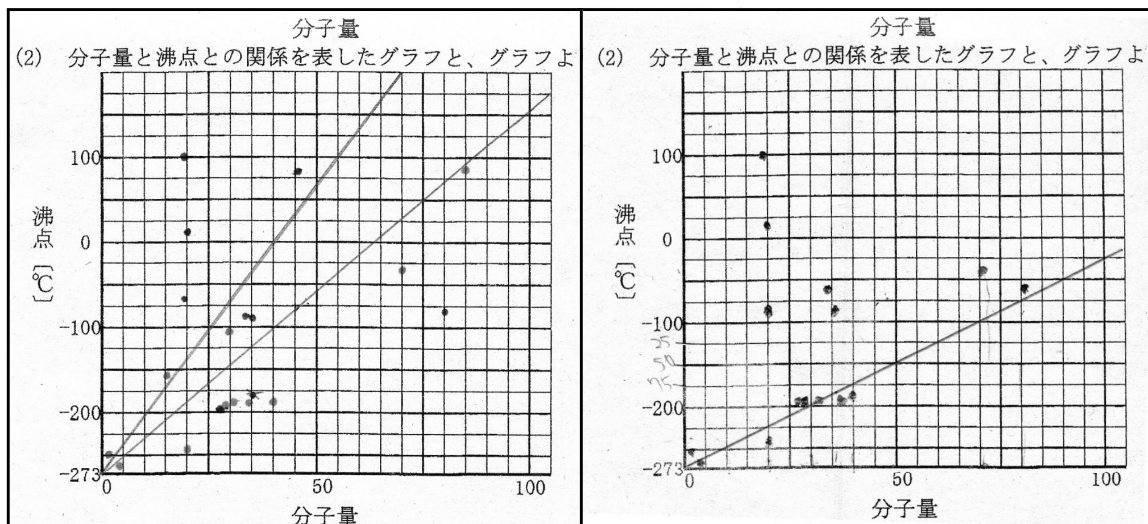
当初１単位時間（50分）での演習及び演示実験を想定していたが、１学年のクラスではグラフを描き、極性分子無極性分子の分子間力の特徴を確認するところまでで50分が経過してしまった。演習・実験に要する時間を拡充するとともに、生徒の実情に応じて**演習・実験プリント例（１）**の［確認］の内容を簡素化したり、組み立てる分子模型の数を減らしたりして、時間の調整を図る必要があることが確認できた。

写真７　表への記入　　　　写真８　グラフの作成

### (2)　生徒が記入した演習・実験プリント

生徒がまとめた演習・実験プリントの一部を、分子量と沸点及び融点の関係を表したグラフ、分子間の相互作用を表現したモデル図などに分けて紹介する。

**■生徒が記入した演習・実験プリント（１）のグラフ**

３学年の生徒が描いたグラフであり、無極性分子については、無機物質と炭化水素に分けて相関関係を示す直線を引いている。また、極性分子についても、同族の水素化合物ごとにグループ分けをして考察している。「グラフより分かること」も、発展的な知識を活用して適切な記述がなされている。

ただし、科目「化学基礎」においては、ここまでの記述は期待できない。

１学年の二人の生徒が描いた、分子量と沸点の関係を表したグラフである。左のグラフを描いた生徒は、無極性分子について適切な直線を引いているが、分子量と沸点の相関が確認できないはずの極性分子についても直線を引いてしまっている。一方、右のグラフを描いた生徒は、無極性分子のみ直線を引いているものの、一部のデータをプロットしていないために、直線の傾きが小さくなっている。科目「化学基礎」においても、この二人の生徒が描いたグラフと同様のグラフを描く生徒は少なくないと予想できる。また、この二人の生徒も含め、想定していたよりもプロットする作業に時間がかかっていた。１単位時間の授業においては、クラスの生徒を半数にグループ分けして、沸点または融点のいずれかのグラフを分担して描かせ、それぞれが描いたグラフを実物投影装置等を用いて投影し、一時的に情報を共有するのがよいものと思われる。

**■生徒が記入した演習・実験プリント（２）**

Ⓐ

分子からなる物質の、分子の形と物質の性質の関係

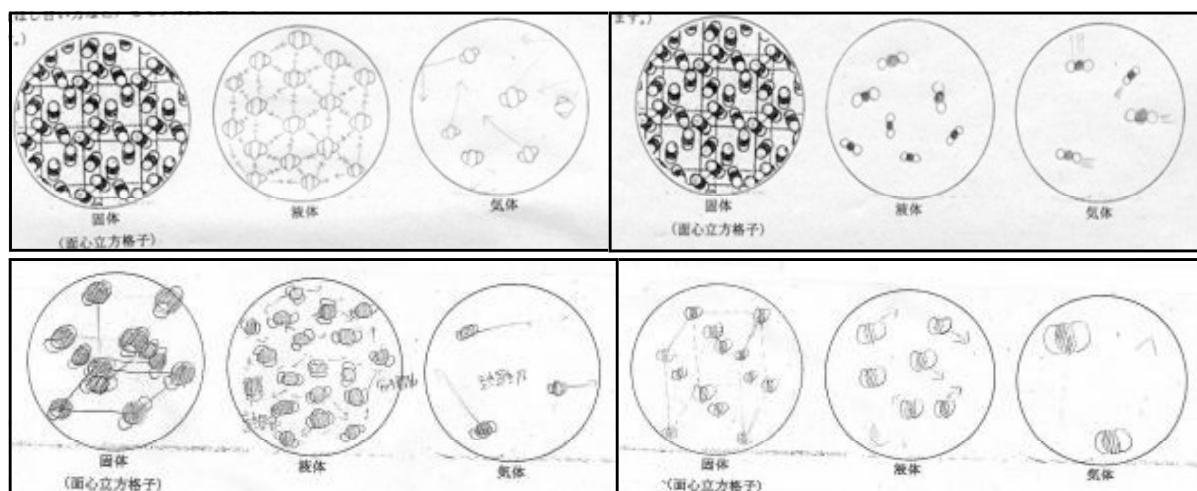
| | 分子式 | 物質名 | 分子の形<br>分子模型スケッチ | 形の名称 | 対称性 | 電気陰性度の差<br>電子を引き寄せる力の大きさの違い | 極性 | 分子量 | 融点 | 沸点 | 水への溶解性 | メモ(その他の性質) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 三原子分子 | $H_2O$ | 水 | | 折れ線形 | ○ | H⇔O ： 2.1-3.5＝-1.4 | ○ | 18 | 0 | 100 | | 無味・無臭・無色の液体。水素結合により沸点が高く、また液体より固体の密度が小さい。表面張力が大きい。 |
| | $H_2S$ | 硫化水素 | | 折れ線形<br>(V字形) | ○ | H⇔S ： 2.1-2.5＝-0.4 | ○ | 34 | −85.5 | −60.7 | ○(少し反応) | 無色・腐卵臭の有毒な気体。還元性が強い。水にとけて弱酸性を示し、二段階電離する。 |
| | $CO_2$ | 二酸化炭素 | | 直線形 | ○ | C⇔O ： 2.6-3.5＝-1.1 | × | 44 | −78.5 | 昇華 | △(少し反応) | 無色、無臭の気体。大気中に0.04%含まれる。赤外線を吸収し、気温を上昇させる温室効果がある。石灰水を白濁させる($CaCO_3$)。 |
| 多原子分子 | $NH_3$ | アンモニア | | 三角錐形 | ○ | H⇔N ： 2.1-3.0＝-0.9 | ○ | 17 | −77.7 | −33.4 | ○(少し反応) | 無色・刺激臭の気体。水にきわめてよくとけ、水溶液は弱塩基性を示す。冷却し、加圧することで容易に液化する。 |
| | $CH_4$ | メタン | | 正四面体形 | ○ | H⇔C ： 2.1-3.5＝-1.4 | × | 16 | −183 | −162 | × | 無色の気体。水に難溶、有機溶媒に可溶。二重結合をもつので付加反応、酸化反応、重合反応しやすい。燃えやすく、明るい炎を示し、多量のすすを出す。 |
| | $C_2H_4$ | エチレン<br>(エテン) | | 平面<br>・対称性 | ○ | H⇔C ： 2.1-3.5＝-1.4<br>C⇔C ： 3.5-3.5＝0 | × | 28 | −169 | −104 | × | 無色、無臭の気体。燃焼し、多量のすすを出す。二重結合をもたないので付加反応や酸化反応はしないが置換反応はしやすい。 |
| | $C_2H_2$ | アセチレン<br>(エチン) | | 直線形 | ○ | H⇔C ： 2.1-3.5＝-1.4<br>C⇔C ： 3.5-3.5＝0 | × | 26 | −81.8 | | × | 無色、無臭の気体。燃えやすく、多量のすすを出す。酸素と混合し点火して得られる酸素アセチレン炎は高温で金属を切断できる。 |
| | $C_6H_{12}$ | シクロヘキサン | | | ○ | H⇔C ： 2.1-3.5＝-1.4<br>C⇔C ： 3.5-3.5＝0 | × | 84 | 6.5 | 80.7 | × | 無色の可燃性液体。安定な構造であるいす型と不安定な舟型の2つがある。置換反応をする。 |
| | $C_2H_6O$ | エタノール | | | × | H⇔C ： 2.1-3.5＝-1.4<br>C⇔O ： 3.5-2.6＝0.9<br>C⇔C ： 3.5-3.5＝0 | ○ | 46 | −115 | 78.3 | ○ | 無色、芳香のある液体。有機溶媒、合成原料、消毒、飲料などに使用。中性。水、エーテルに可溶。水素結合しているので沸点が高い。 |

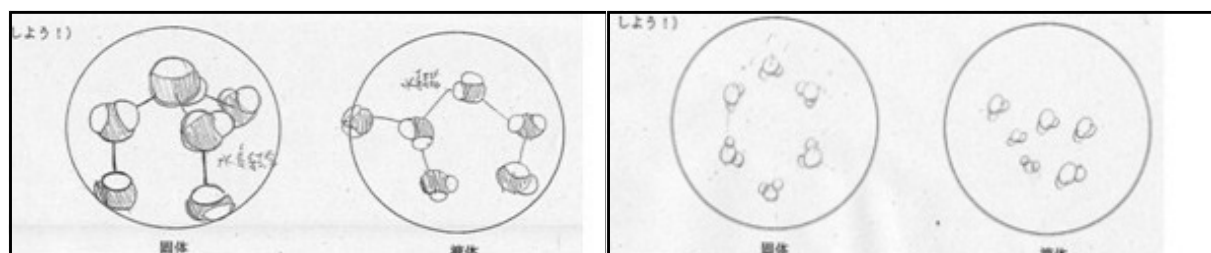
＊「反応」には電離も含む。

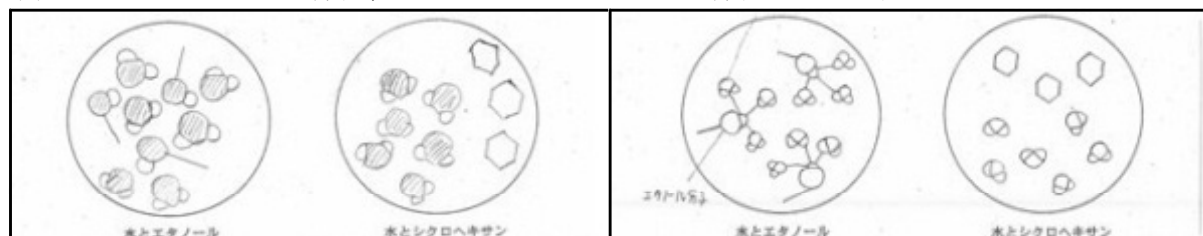
＊「分子量」とは、分子の平均的な質量の大きさを相対的に表した数値である。(「質量数12の炭素原子の質量」＝12を基準にしている。)

３学年の生徒がまとめた表である。分子模型スケッチ図のほとんどは、教科担当教師が予め記入して印刷されたものであり、本実践では、生徒は、硫化水素分子のみ分子模型で確認して図を描いている。この生徒は、物質の性質を図説で調べ、かなり詳細な説明を記入している。

## ■生徒が記入した演習・実験プリント（１）のモデル図

(A)二酸化炭素の三態のモデル図

上段が１学年の二人、下段が３学年の二人の生徒がそれぞれ描いたモデル図である。１学年での実践では、面心立方格子について未学習であることに加えて演習の時間を十分に確保できなかったので、固体のモデル図については、教科担当教師が予め記入して印刷されている図になっている。三態のモデル図の描き方に関しては１学年の生徒と３学年の生徒で大きな差異は見られなかった。新学習指導要領の下では、中学校の理科で同様の図を用いて三態を学習してくるので、この教材で扱うことに無理はないものと判断できる。

(B)水の固体と液体のモデル図

いずれも、３学年の二人の生徒がそれぞれ描いたモデル図である。既に学習している水素結合を意識した図になっている。科目「化学基礎」におけるこの演習においては、水素結合や固体のときの水分子の規則正しい配列まで意識して描かせるのではなく、あくまでも水素原子と酸素原子にそれぞれ帯びた静電気による相互作用に気付かせながら図を描かせたい。

(C)水とエタノールの混合物、水とシクロヘキサンの混合物のモデル図

いずれも、３学年の二人の生徒がそれぞれ描いたモデル図であり、いずれも適切に描かれている。演示実験を観察し、シクロヘキサンと水が分離していることを確認しているので、１学年の生徒でもシクロヘキサンの図は適切に表現できることが期待できる。エタノール分子の静電気の分布を的確にとらえ､水分子とどのように相互作用するかを考えるのはやや難しいかもしれない。

次頁の写真９及び写真10は、(A)、(B)、(C)のモデル図の記入例を説明するために板書した図

の一部である。教科担当教師が、発泡スチロール球とマグネットを材料にして事前に作製した二酸化炭素分子や水分子等の分子モデルを活用してモデル図を板書しており、大変見やすく、理解しやすい図になっている。また、この分子モデルは黒板上を自由に移動させられるので、分子の熱運動を説明しやすいのも特長の一つである。

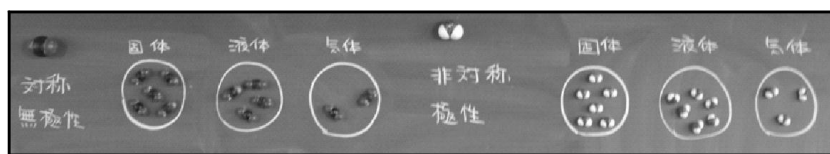



写真９　無極性分子と極性分子について、モデル図での三態の説明

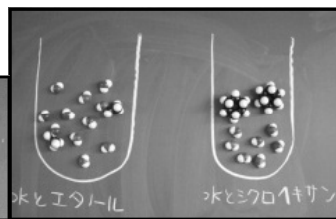



写真10　水と混合させたときのモデル図での説明

(3)　生徒が記入した「演習・実験を通して気付いたこと」や「感想・反省」

３学年の生徒が演習・実験を終えて記述した感想・反省から特徴的なものを紹介する。今回の実践では、生徒による授業評価や学習の振り返りができなかったので、これらの記述を教材に対する評価を行う際に参考にした。

〈学習目標及び教材のねらいが概ね達成できたと判断できる記述〉

・ファンデルワールス力と水素結合などの静電気による引力を分子間力として学んで、それほど大差ないように感じていたが、今回改めて考察してみてその違いを実感し、今後一層深く化学を学んでいくにはその差異を厳密に理解する必要があると痛感した。
・極性分子と無極性分子の水への溶解性の特徴を確認できたが、無極性分子においても$CO_2$や$Cl_2$、$F_2$などの例外もみられたのでその理由も調べてみたい。
・極性分子のほうが無極性分子よりも沸点や融点が高く、極性分子間のみにはたらく引力によるものだと分かったが、グラフを見ると、あまりきれいな関係ではないように思えたので、より深く様々な見方で考察してみたいと思った。
・極性分子と無極性分子の間には、思っていたよりも様々な違いがあったことに気付いた。今後は、分子の極性の有無にもう少し気を付けて学習していきたいと思う。
・分子量と極性と沸点・融点の関係について、実際にグラフを描いて確認できてよかった。
・今回調べたそれぞれの物質に関して、他の性質（比熱など）にも興味をもった。

〈学習目標及び教材のねらいが達成できなかったと判断できる記述〉

・融点、沸点のグラフから、分子の規則性を見つけ出すのが難しかった。
・内容が難しく、何をやってるかがあまり分からなかった。

(4)　まとめ

演習・実験レポートの状況及び演習中の生徒の様子から、学年を問わず大多数の生徒が「分子の形の特徴を的確にとらえ、分子の極性の有無を判断」できていると評価している。一方「グラフやモデル図を描き、極性・無極性分子の性質の違いを探究し、導き出した考えをレポートにまとめる」ことについては、電気陰性度や分子の極性を学習していない生徒にとっては、ややハードルが高い課題が多く、目標到達度は決して高くはなかった。中には内容を理解できずに授業についていけなかった生徒も見られた。したがって、この演習・実験においては、80分程度の時間を確保し、教科担当者の説明・指示と作業を交互に繰り返しながら演習を進めていく必要があると判断した。一方で、前時までに分子模型を扱いモデル図を描いているので、分子間の相互作用をモデル図で表現することは十分に可能であると感じた。また、科目「化学基礎」において沸点と融点で極性分子と無極性分子の特徴を考察させることについても問題点は見いだせなかった。

## Ⅴ　参考　生徒実験「炭素の同素体の模型を作ろう」

### 1　ねらい

(1)　図１に示す幾何学的な特性を利用し、紙で結晶や分子の骨格を表したダイヤモンド、黒鉛、$C_{60}$の模型を作製させ、炭素原子間の共有結合や原子配列の違い、及び分子と共有結合の結晶（巨大分子）の違いを確認させる。

(2)　正三角形の格子が描かれた同じ台紙から折り曲げ方等の違いにより異なる三つの物質が表現できることを確認させ、分子や結晶の幾何学的な美しさや自然科学の奥深さを体感させる。

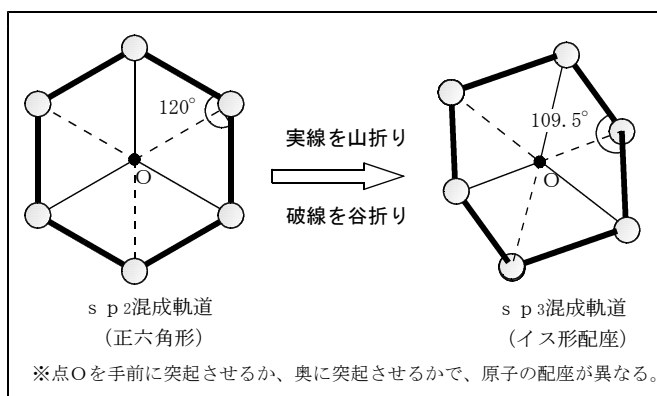



図１　平面正六角形(黒鉛の原子配列)を、中心Oと各頂点の線分で折り曲げることにより、シクロヘキサン・イス型配座の形(ダイヤモンドの原子配列)に変化する様子

### 2　作製方法

(1)　準備

①材料（１班分）

ケント紙（白色、Ａ４判）３枚、ラベルシール（Ａ４判、カットしていないもの）１枚、発泡スチロール球（直径１cm）206個、モール（黒）（直径４mm、長さ17mm×24以上)、モール（白）（直径４mm、長さ40mm×22以上）

＊ケント紙にはダイヤモンド、黒鉛、$C_{60}$の原子間の共有結合（模型骨格または展開図）（p.52、p.54、p.55）を、ラベルシールにはダイヤモンドの原子間の共有結合（模型骨格）及び$C_{60}$の模型を組み立てるために使用する接合シール（p.53）を印刷しておく。

＊上記に示すそれぞれのモールの長さは、等倍で印刷したとき（炭素間距離17mmのとき）のものであり、拡大率に合わせて長さを決定する。

②工具類

はさみ、ニッパー、カッターナイフ、ピンセット、爪楊枝、発泡スチロール用接着剤、ものさし、顔料マーカー（黒）（水性)、発泡スチロールカッター

＊発泡スチロールカッターが無い場合はカッターナイフで代用できるが､作業効率が悪くなる。（電池式の発泡スチロール用カッター（¥105）を使用してみたが、この実験においては十分に役割を果たした。）

(2)　作製手順

※炭素原子の位置を表す球、共有結合を表す棒、分子間力を表す棒

①発泡スチロール球をピンセット等で固定し、発泡スチロールカッターで、球の赤道面に沿って球の中心部より少し奥まで切り込みを入れる。

②発泡スチロール球を爪楊枝等で固定し、球の表面をマーカー（黒）で着色する。

＊①と②は、授業外の活動で行う。

③ニッパーを使って、モール（黒色）を17mmの長さに切っていく。(24本用意する。)

＊はさみを使用して切ってもよいが、ニッパーで切った方が、モールの末端が鋭利になり、発泡スチロール球に刺しやすくなる。

④ニッパーを使って、モール（白色）を40㎜の長さに切っていく。(22本用意する。)

【ダイヤモンドの結晶模型】

①ケント紙に印刷された模型骨格（表面）とラベルシールに印刷された模型骨格（表面）をそれぞれ周囲の太実線に沿って切り抜く。

②ラベルシールの模型骨格上段、中段、下段を、それぞれケント紙の上段、中段、下段の裏面に頂点（原子）の番号が合うように貼り合わせる。

③上段、中段、下段それぞれの表面と裏面ともに、折り曲げやすくするために、細実線上にカッターナイフでキズを付けた上で、細実線を山折りにする。

＊表面、裏面ともに③の操作を行えば、細破線部は自然と谷折りになる。

＊中心に★印が描かれた六角形は★が山になるように、中心に☆印が描かれた六角形は☆が谷になるように折り曲げる。

④各頂点に接着剤を塗り、事前に準備した発泡スチロール球を差し込む。

＊頂点と発泡スチロール球の中心が一致するように調整する。

⑤上段（裏面）の突起した頂点上の球と中段（表面）の突起した頂点上の球をモール（黒）で接続する。

＊モールは球の中心（骨格の頂点）まで差し込む。

＊番号２の頂点上の球と番号26の頂点上の球、番号４の頂点上の球と番号28の頂点上の球、・・・というように接続する。接続した球と接続していない球が一つおきに存在することになる。

⑥中段（裏面）の突起した頂点上の球と下段（表面）の突起した頂点上の球をモール（黒）で、⑤と同様に接続する。

＊番号25の頂点上の球と番号49の頂点上の球、番号27の頂点上の球と番号51の頂点上の球、・・・というように接続する。中段については、⑤で接続しなかった球が下段の球と接続されることになる。

【黒鉛の結晶模型】

①ケント紙に印刷された模型骨格を周囲の太実線に沿って切り抜く。

②切り抜いた骨格の裏面に、マーカーで表面と同じ太実線（結合を表す線）を引く。

＊ダイヤモンドと同様に、黒鉛の台紙をラベルシールにも印刷し、切り抜いたものを裏面に貼り付ければ、線を引く必要がない。

③各頂点に接着剤を塗り、事前に準備した発泡スチロール球を差し込む。

＊頂点と発泡スチロール球の中心が一致するように調整する。

④上段（裏面）の番号１の頂点上の球と中段（表面）の番号26の頂点上の球、上段の番号３の頂点上の球と中段の番号28の頂点上の球、・・・というように、モール（白）で接続する。

＊モールは球の中心（骨格の頂点）まで差し込む。

＊接続した球と接続していない球が一つおきに存在することになる。

＊モール（白）は、分子間に働く引力と同様の力であり、共有結合を表すものではない。

⑤中段（裏面）の番号29の頂点上の球と下段（表面）の番号52の頂点上の球、中段の番号27の頂点上の球と下段の番号68の頂点上の球、・・・というように、モール（白）で接続する。

＊④で接続しなかった球が下段の球と接続されることになる。

【$C_{60}$の分子模型】

①ダイヤモンド（裏面）用のラベルシール上にある「$C_{60}$組み立て用接合シール」を実線に沿って切り取る。12枚の接合シールが必要になる。

②ケント紙に印刷された模型骨格を周囲の太実線に沿って切り抜く。また、二重線（矢印で指し示す部分）に沿って切る。

③折り曲げやすくするために、正六角形と六角形の間の実線上にカッターナイフでキズを付けた上で、実線を山折りにする。

④同じ数字（四角囲みの数字）の頂点同士が一致するように、図２のように、裏面に接合シールを使って、貼り合わせていく。

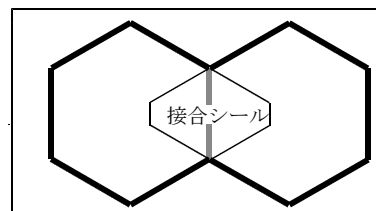
⑤各頂点に接着剤を塗り、事前に準備した発泡スチロール球を差し込む。

＊頂点と発泡スチロール球の中心が一致するように調整する。

図２　接合シールの貼り方

(3)　完成した各同素体の模型

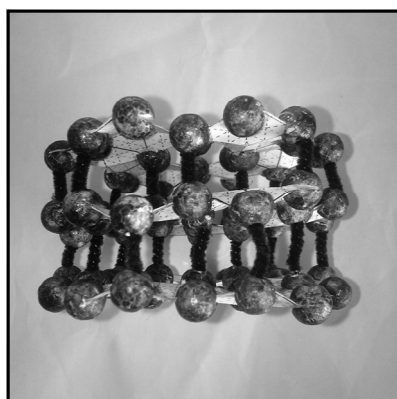



写真11　ダイヤモンドの模型

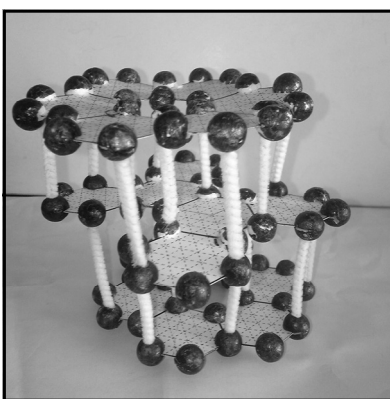



写真12　黒鉛の模型

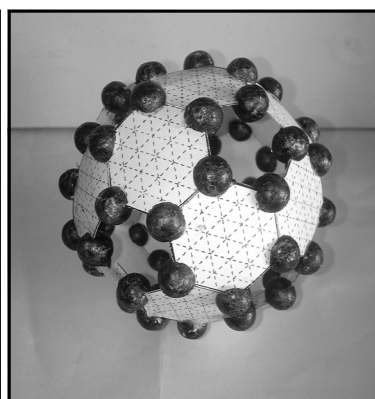



写真13　$C_{60}$の模型

## ３　実験結果のまとめ及び考察をさせるための発問（例）

(1)　それぞれの物質について、一つの炭素原子はいくつの炭素原子と共有結合しているだろうか。

①ダイヤモンド（中段の中心部の炭素で確認する。）

＊各段の末端部が、中段の中心部の数と異なっているとすれば、どうして異なるのかを考えよう。（そもそも本当に末端なのだろうか？）

②黒鉛（中心部の炭素で確認する。）

＊各段の末端部が、中心部の数と異なっているとすれば、どうして異なるのかを考えよう。（そもそも本当に末端なのだろうか？）

③$C_{60}$（どの炭素で確認してもよい。）

(2)　ダイヤモンドに対して、黒鉛と$C_{60}$が異なっている点を考えよう。

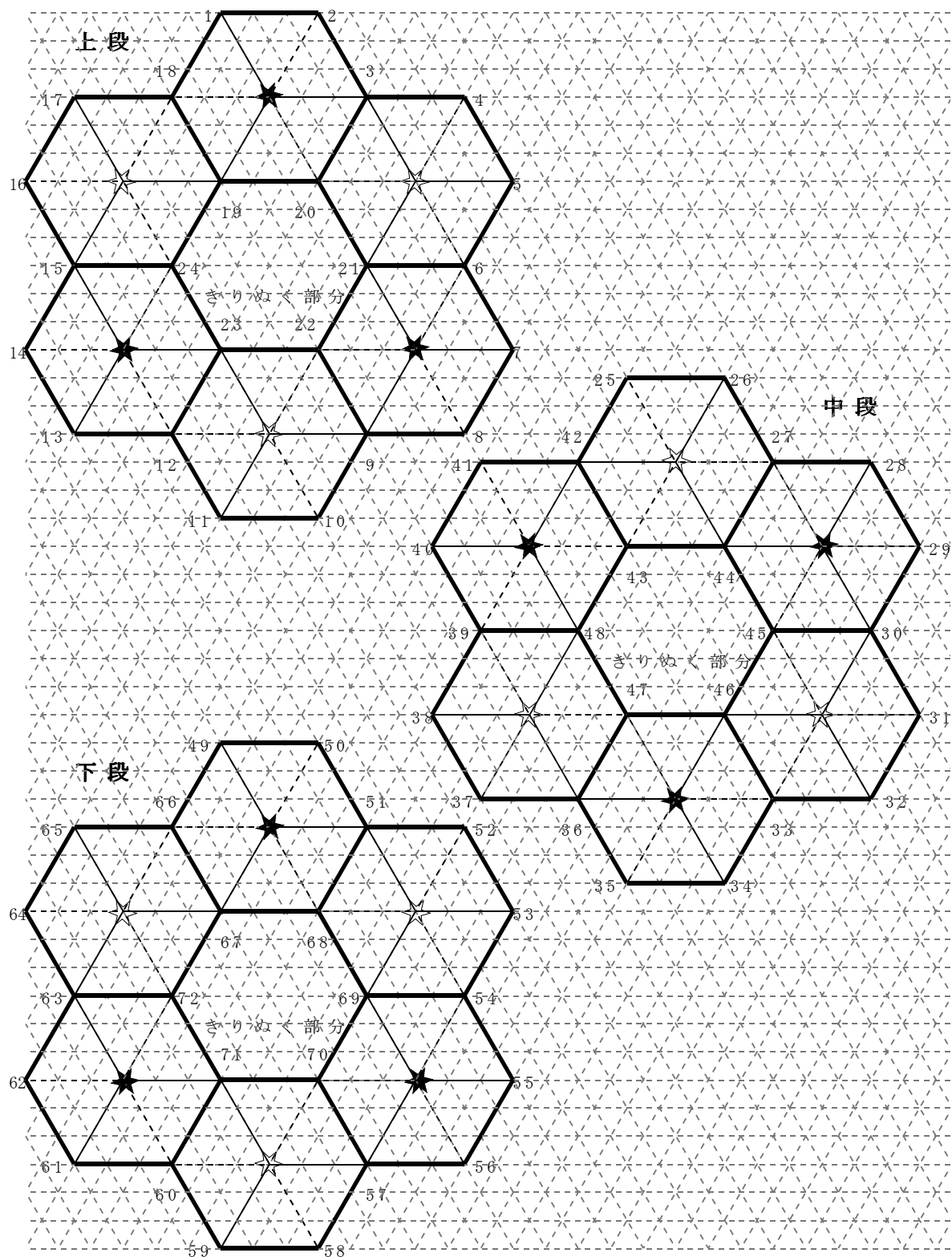
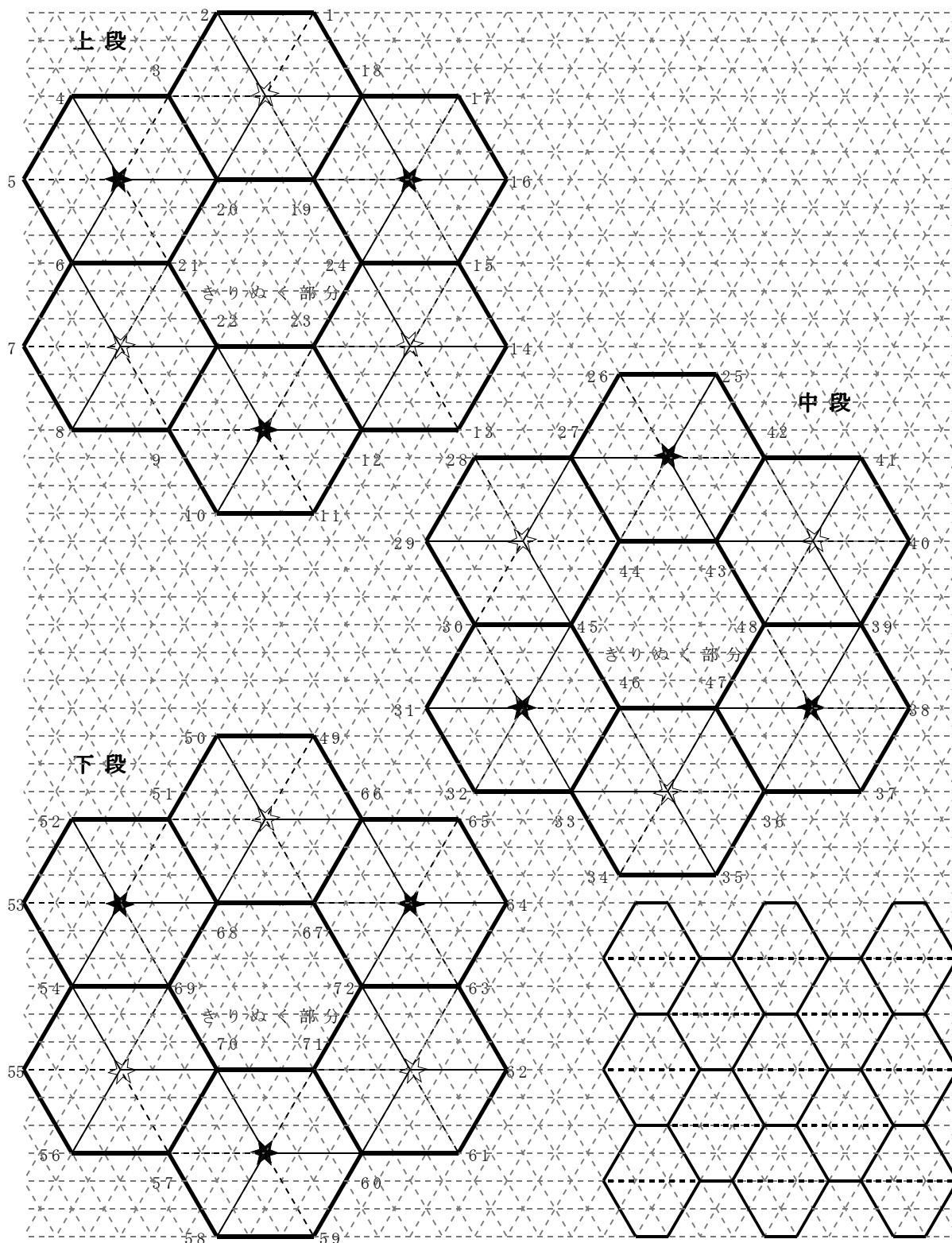
(3)　それぞれの物質は、いくつの炭素原子でできているだろうか。（数を定めることができない場合は、「数が定まらない」や「多数」などと表現してもよい。）

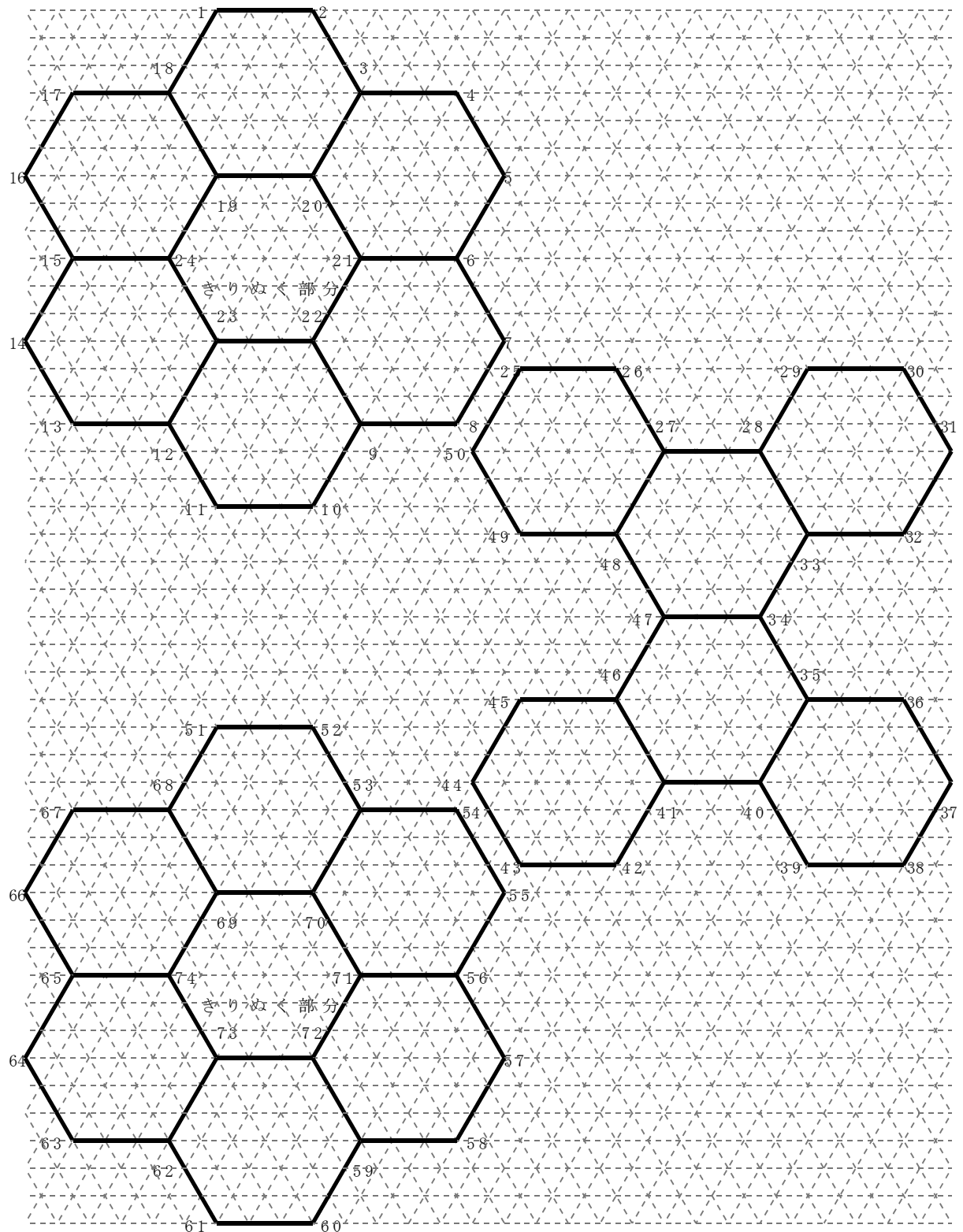
(4)　$C_{60}$に対して、ダイヤモンドと黒鉛が異なっている点を考えよう。

## ４　各同素体の模型骨格及び展開図

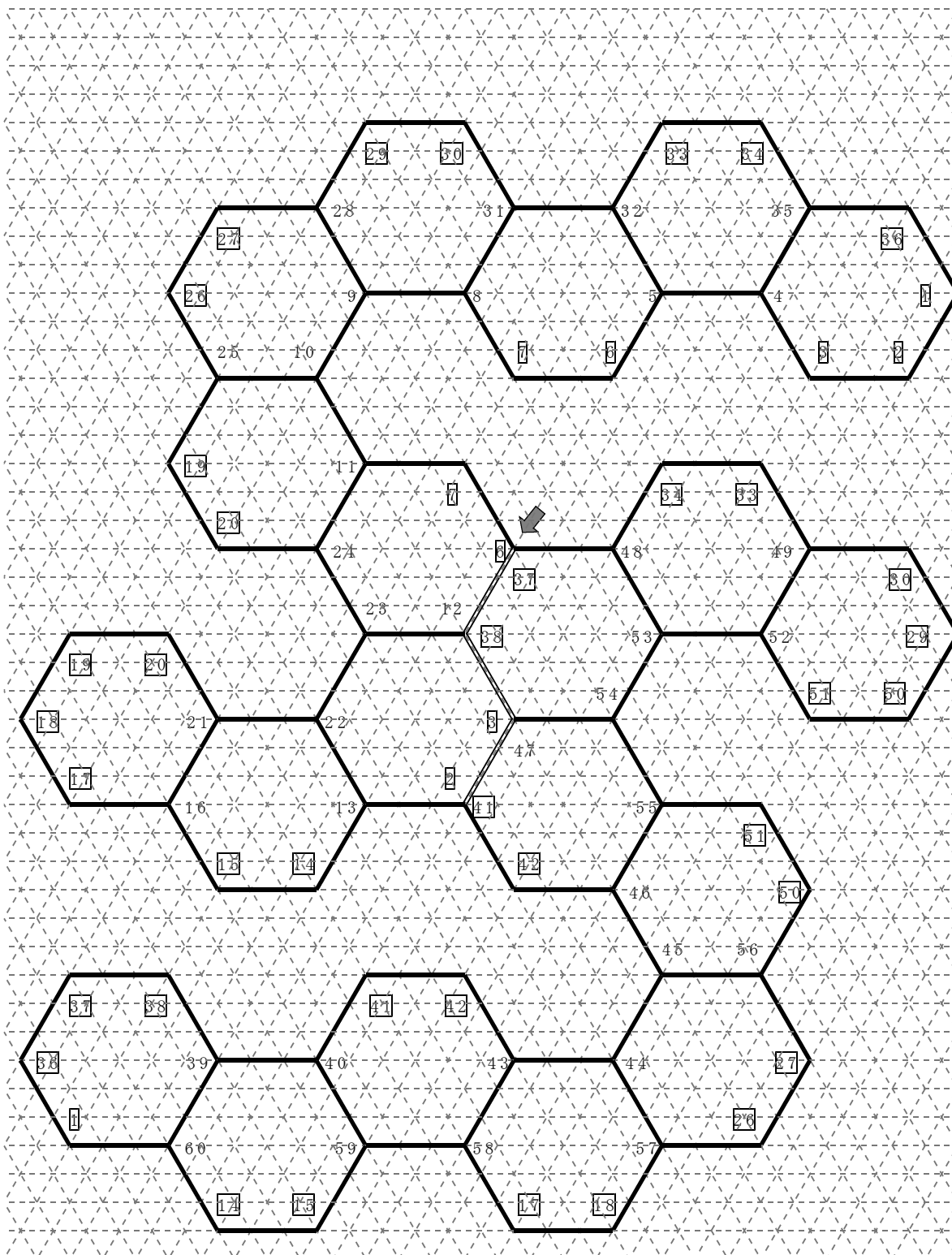
ダイヤモンド、黒鉛、$C_{60}$の骨格及び展開図を次頁以降に示す。各頂点が炭素原子の位置を表し、各太実線が炭素間の共有結合を表す。また、各頂点に付してある数字は、原子を識別するため

につけたものである。これらをケント紙及びラベルシールに等倍印刷して用いる。

(1) ダイヤモンドの模型骨格

(2)　黒鉛の模型骨格

**黒 鉛 （ 表 面 ）**

※　切り取った後、裏面に表面と同様の線（結合）を描く。

(3)　Ｃ₆₀の模型骨格（展開図）

**C₆₀ （ 表 面 ）**

## 5　参考文献等


○　『1　本調査研究の背景と概要』に関して

・　文部科学省　「高等学校学習指導要領解説　理科編　理数編」（実教出版）

・　村上忠幸　「新しい理科（化学）教育を支えるもの－科学リテラシー・探究学習・コミュニケーション－」　化学と教育　58巻第7号(2010年)

○　『2　科目「化学基礎」の指導計画例』に関して

・　文部科学省　「高等学校学習指導要領解説　理科編　理数編」（実教出版）

・　山内薫　他　「高等学校化学基礎」（第一学習社）

・　山内薫　他　「高等学校新化学基礎」（第一学習社）

・　竹内敬人　他　「化学基礎」（東京書籍）

・　竹内敬人　他　「新編化学基礎」（東京書籍）

・　齋藤烈・藤嶋昭・山本隆一　他　「化学基礎」（啓林館）

・　齋藤烈・藤嶋昭・山本隆一　他　「新編化学基礎」（啓林館）

・　井口洋夫・木下實　他　「化学基礎」（実教出版）

・　井口洋夫・相原惇一　他　「新版化学基礎」（実教出版）

・　務台潔　他　「高校化学基礎」（実教出版）

・　辰巳敬　他　「化学基礎」（数研出版）

・　野村祐次郎・辰巳敬　他　「高等学校化学基礎」（数研出版）

・　辰巳隆　他　「新編化学基礎」（数研出版）

○　『3　小単元「化学と人間生活とのかかわり」に関する指導事例』に関して

・　文部科学省　「高等学校学習指導要領解説　理科編　理数編」（実教出版）

・　村田隆夫　「よくわかる新繊維のはなし」（日本実業出版社）

・　杉本賢司　「図解　プラスチックがわかる本」（日本実業出版社）

・　左巻建男　編著　「やさしくわかる化学実験事典」（東京書籍）

・　左巻建男　編著　「たのしくわかる化学実験事典」（東京書籍）

・　栃木県・栃木県教育委員会　「明日をつくる子どもたちの環境学習　－環境学習プログラム中学校・高等学校編－」

・　北海道立教育研究所附属理科教育センターホームページより　「理科教育指導資料【中学校編】『プラスチックの分類に関する探究的な学習活動』」
＜http://exp.ricen.hokkaido-c.ed.jp/tobira/htdocs/＞

・　前島勢津　「日常生活との関連を重視した高校化学実験指導資料集　新学習指導要領で例示された実験の開発・改良を中心に」

・　山本英男　教材紹介資料「夜光バッジを作ろう～合成高分子～」

・　ハイキャスト取扱説明書（(株)平泉洋行）

・　片江安巳　「色ろうそくをつくる－ジアゾカップリング反応－」　化学と教育　42巻第4号（1994年）

・　数研出版編集部　「フォトサイエンス化学図録」（数研出版）

・　成智聖司　他　「基礎高分子化学」（朝倉書店）

・　早川信一・保坂勝広　「やさしい環境化学実験」（オーム社）

・　陰イオン界面活性剤測定セットマニュアル（共立理化学研究所）

・　河辺昌子　「だれでもできるやさしい水のしらべかた」（合同出版）

・　財団法人 河川環境管理財団　河川整備基金助成事業データベースシステム

**○　『４　小単元「分子と共有結合」に関する指導事例』に関して**

・　文部科学省　「高等学校学習指導要領解説　理科編　理数編」（実教出版）

・　吉田俊久　稲葉秀明　「図説　学力向上につながる理科の題材　化学編」（東京法令出版）

・　鈴木智恵子　「身近な化学の実験と化学の基礎」（東洋館出版社）

・　日本化学会　編　「実験で学ぶ化学の世界１　物質の変化」（丸善）

・　左巻建男　編著　「たのしくわかる化学実験事典」（東京書籍）

・　岩田久道・後藤顕一　編著　新実験化学研究会　著　「魅せる化学の実験授業」（東洋館出版社）

・　平尾二三夫・板倉聖宣　「発泡スチロール球で分子模型をつくろう」（仮説社）

・　志村史夫　「ハイテク・ダイヤモンド　半導体ダイヤからフラーレンまで」（講談社ブルーバックス）

・　山崎昶　「サッカーボール型分子$C_{60}$　フラーレンから五色の炭素まで」（講談社ブルーバックス）

・　卜部吉庸　「化学Ⅰ・Ⅱの新研究」（三省堂）

◇　平成23年度高等学校における教科指導の充実　研究協力委員・研究委員

（理科《化学領域》）

研究協力委員

栃 木 県 立 石 橋 高 等 学 校　　教　　諭　　阿部　裕子

研 究 委 員

栃木県総合教育センター研修部　　指導主事　　今井　和彦

**高等学校における教科指導の充実**
**理　科　《化学領域》**
**「化学基礎」における指導事例**

発　行　　平成24年3月
栃木県総合教育センター　研究調査部
〒320-0002　栃木県宇都宮市瓦谷町1070
TEL 028-665-7204　　FAX 028-665-7303
URL http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/